

ESFORÇOS MÁXIMOS EM PONTES TIPO GRELHA

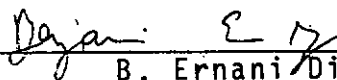
Henrique Innecco Longo

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS
DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO
DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OB-
TENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS (M.Sc.)

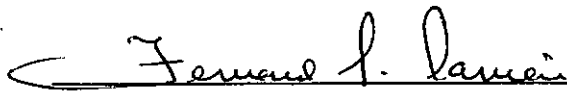
Aprovada por:



Carlos Henrique Holck
(Presidente)



B. Ernani Diaz



Fernando L. Lobo Carneiro

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

ABRIL DE 1979

LONGO, HENRIQUE INNECCO

Esforços Máximos em Pontes Tipo Grelha

[Rio de Janeiro] 1979.

VII, 217p. 29,7cm (COPPE-UFRJ, M.Sc.,
Engenharia Civil, 1979).

Tese - Univ. Fed. Rio de Janeiro, Esc.
de Engenharia.

I. Pontes I. COPPE/UFRJ II. Título
(série).

ã minha filha
MARIANE

AGRADECIMENTOS

A meus pais, por tudo que fizeram pela minha formação.

À minha esposa, pelo incentivo permanente.

Ao professor Carlos Henrique Holck, pelas sugestões e orientação deste trabalho.

Ao professor Fernando Lobo Carneiro, pelos ensinamentos recebidos.

Ao Conselho Nacional de Pesquisas, pela bolsa de estudos oferecida durante o período de tempo integral.

À Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia, pela oportunidade concedida para a realização deste trabalho.

SINOPSE

O objetivo deste trabalho é a determinação de esforços máximos em pontes rodoviárias, através de uma programação em computador. A superestrutura da ponte é formada por uma grelha que pode ser reta, esconsa, simplesmente apoiada ou contínua.

A pesquisa da posição mais desfavorável do veículo, é feita por um método de procura direta, levando-se em conta o conceito de superfícies de influência. As ordenadas dessa superfície, no interior da grelha, são obtidas através de uma função de interpolação.

O programa fornece os momentos fletores máximos devido às cargas móveis e os coeficientes de distribuição transversal, que poderão ser utilizados na determinação dos esforços cortantes máximos.

ABSTRACT

The scope of this work is the determination of the maximum forces in highway bridges, by a computer program. The bridge superstructure is composed by a grid which can be orthogonal, skew, simply supported or continuous.

The searching of the unfavorable vehicle position is done by a direct search method, considering the influence surfaces concept. The surface's ordinates in the interior grid, are obtained by a interpolation function.

The program gives the maximum bending moments due to moving loads and the transversal distribution coefficients, which can be utilized in the determination of maximum shear forces.

ÍNDICE

<u>CAPÍTULO I</u> - INTRODUÇÃO	01
1.1 - Objetivos	01
1.2 - Definição de ponte tipo grelha	04
1.3 - Comportamento estrutural	06
1.4 - Considerações sobre a contribuição da laje	07
1.5 - Vantagens estruturais	08
1.6 - Aspectos construtivos	08
<u>CAPÍTULO II</u> - REVISÃO DA LITERATURA	10
2.1 - Métodos de análise de pontes	10
2.2 - Teoria da Equivalência Elástica de Huber	12
2.3 - Método de Guyon-Massonnet	13
2.4 - Método de Pelikan-Esslinger	15
2.5 - Método de Engesser-Courbon	15
2.6 - Método de Leonhardt	16
<u>CAPÍTULO III</u> - ANÁLISE DA GRELHA PELO MÉTODO DA RIGIDEZ.	19
3.1 - Hipóteses consideradas	19
3.2 - Método da Rigidez	21
3.3 - Matriz de rigidez de um membro	24
3.4 - Geração da matriz de rigidez global	25
3.5 - Cargas externas aplicadas	27
<u>CAPÍTULO IV</u> - SUPERFÍCIES DE INFLUÊNCIA	30
4.1 - Superfícies de influência nas grelhas	30
4.2 - Expressão analítica das superfícies de influên- cia de momento fletor	31
4.3 - Derivadas parciais nos pontos nodais	46
4.4 - Volumes de influência	52

<u>CAPÍTULO V</u> - CARGAS MÔVEIS	55
5.1 - Cargas móveis em pontes rodoviárias	55
5.2 - Coordenadas das rodas do veículo	55
5.3 - Posições extremas do veículo	58
<u>CAPÍTULO VI</u> - ESFORÇOS MÁXIMOS	60
6.1 - Definição da Função Objetiva	60
6.2 - Método de Procura Direta FOMAX	61
6.3 - Esforços devido às cargas de multidão	75
6.4 - Momentos Fletores máximos	76
6.5 - Esforços Cortantes máximos	76
<u>CAPÍTULO VII</u> - PROGRAMA GRELHA	82
7.1 - Finalidades do programa grelha	82
7.2 - Entrada de dados	83
7.3 - Definição das variáveis	86
7.4 - Diagramas de blocos	87
<u>CAPÍTULO VIII</u> - EXEMPLOS NUMÉRICOS	121
<u>CAPÍTULO IX</u> - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	156
9.1 - Comparação dos coeficientes de distribuição ...	156
9.2 - Comparação dos Momentos Fletores Máximos	158
<u>CAPÍTULO X</u> - CONCLUSÕES	161
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	162
ANEXO I - Listagem do programa	165

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1.1 - Objetivos

Em pontes rodoviárias, os esforços máximos dependem essencialmente da posição mais desfavorável das cargas móveis. Para resistir a estes esforços extremos, devem ser projetados todos os elementos estruturais de uma ponte.

A finalidade desse trabalho visa determinar tais esforços máximos em pontes com superestrutura em grelha reta, esconsa, simplesmente apoiada ou contínua.

Por ser uma estrutura altamente hiperestática, a resolução do sistema formado pela grelha requer uma grande quantidade de cálculos matemáticos, tornando a solução manual praticamente irrealizável. O problema somente poderá ser resolvido por métodos aproximados ou através de programas computacionais.

No presente estudo, foi elaborado um programa de computador que calcula os momentos fletores máximos, levando-se em conta o conceito de superfícies de influência. A pesquisa da posição mais desfavorável do veículo é feita por um método iterativo, denominado Método de Procura Direta Fomax. Os momentos fletores máximos, para cada seção da estrutura, são determinados pela soma das cargas móveis e permanentes.

A descontinuidade da superfície de influência de

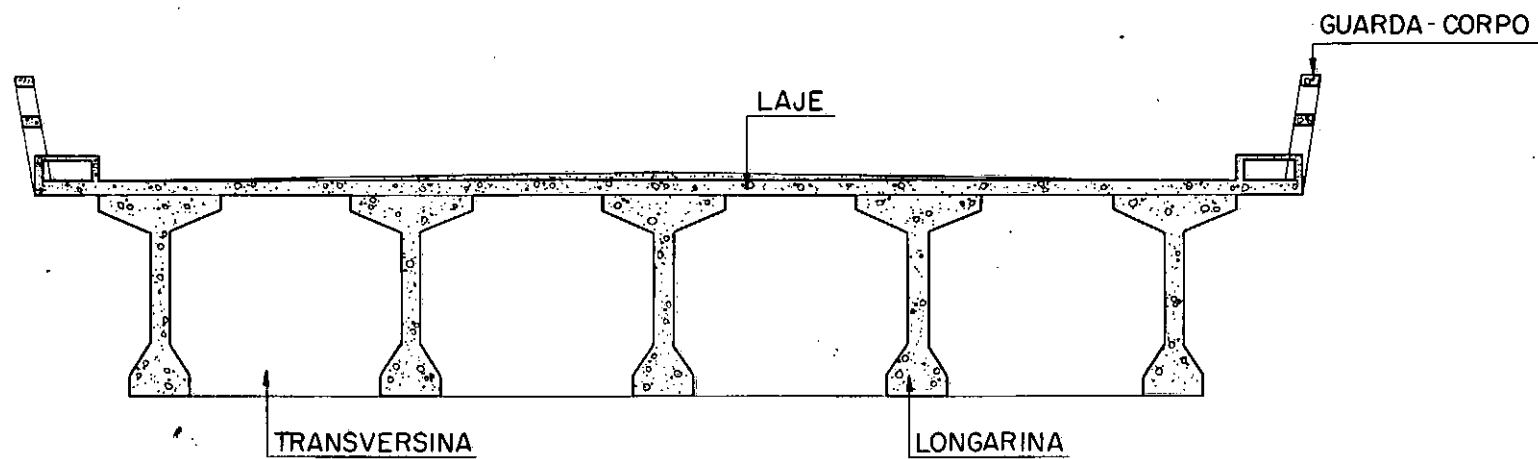


FIG. 1 - SEÇÃO TRANSVERSAL DE UMA PONTE EM GRELHA

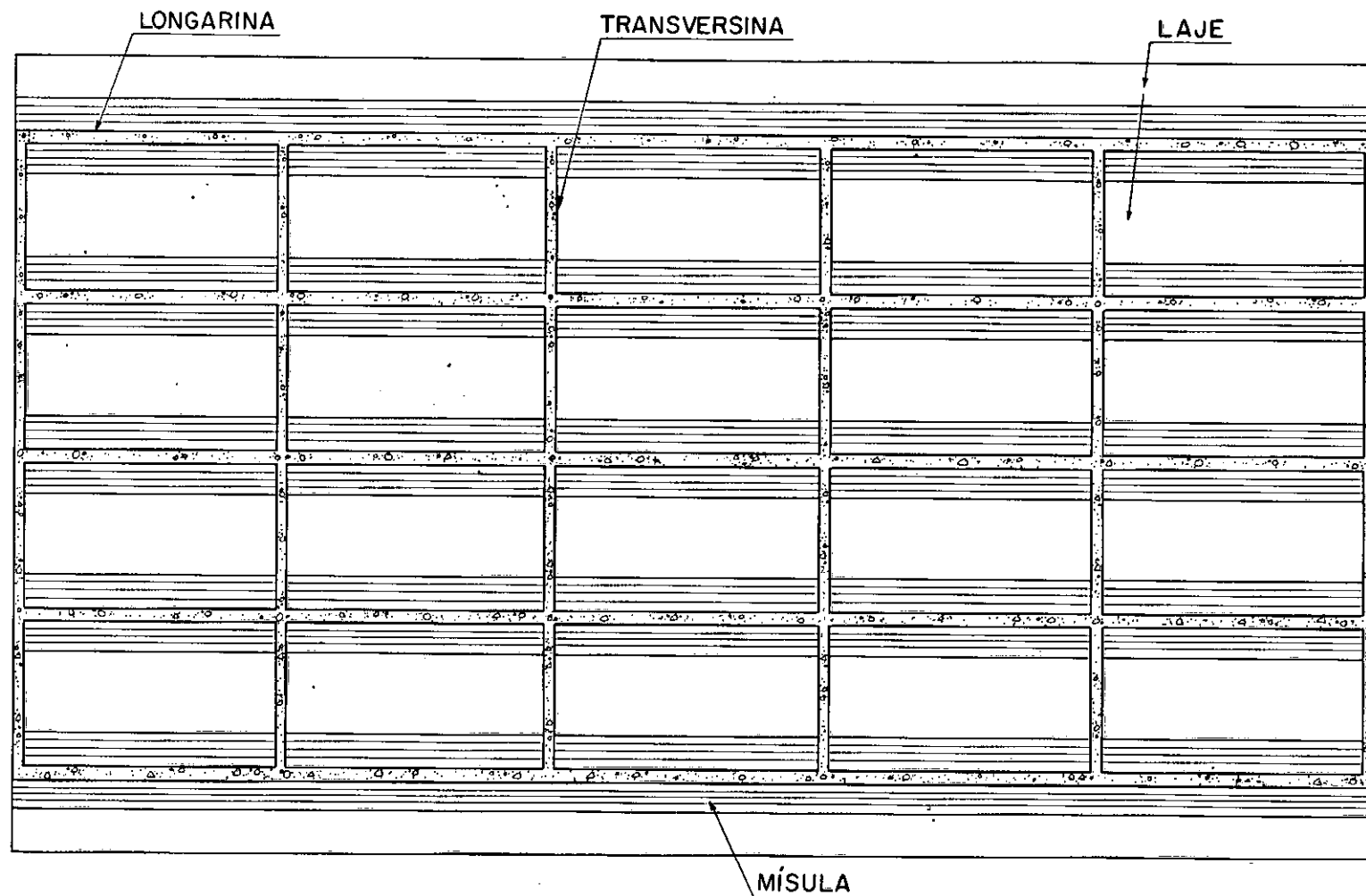


FIG. 2 - CORTE INFERIOR DE UM TABULEIRO DE PONTE EM GRELHA

esforço cortante, que se propaga ao longo da estrutura, dificulta a utilização de um processo iterativo genérico. Para solucionar esta questão, o programa elaborado fornece os coeficientes de distribuição transversal, que poderão ser empregados na obtenção dos esforços cortantes máximos.

1.2 - Definição de Ponte tipo Grelha

Uma ponte tipo grelha é constituída por um tabuleiro, formado por uma laje flexível e por um sistema de vigas longitudinais (longarinas) e transversais (transversinas).

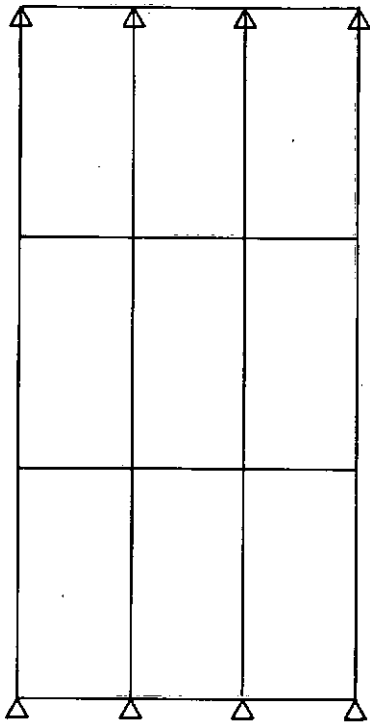
As vigas são rigidamente ligadas em suas interseções, sendo que os nós são capazes de transmitir momento fletor, momento torsor e esforço cortante de um membro a outro, quando sujeitos às cargas verticais.

Para atender às exigências do método proposto, as longarinas devem estar sempre paralelas entre si, igualmente espaçadas ou não, assim como as transversinas, dependendo das características de cada projeto.

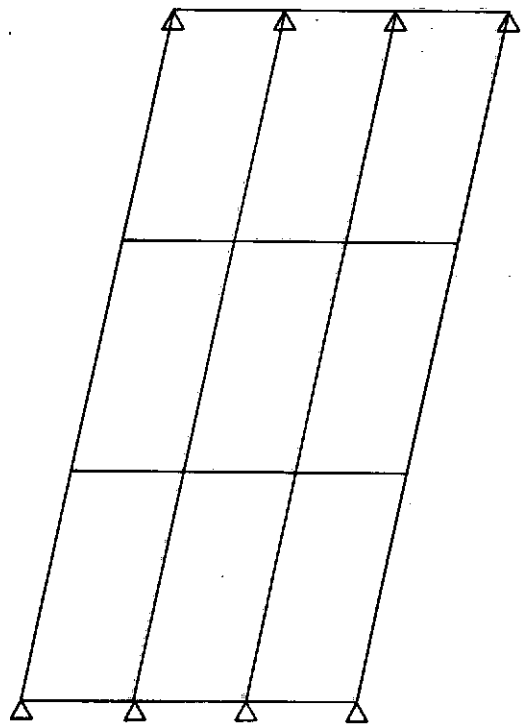
SAWKO¹ recomenda, para efeitos práticos, que as transversinas devem estar situadas a uma distância de duas vezes e meia a distância entre as longarinas.

De acordo com o tipo de apoio das longarinas, a estrutura pode estar simplesmente apoiada ou contínua.

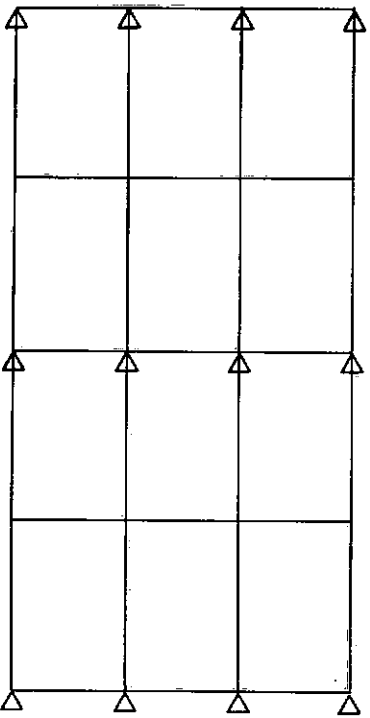
Nas pontes em que as longarinas formam um ângulo reto com as transversinas, a grelha é denominada reta. Em caso contrário, isto é, quando este ângulo for diferente de noventa graus, ela é denominada esconsa.



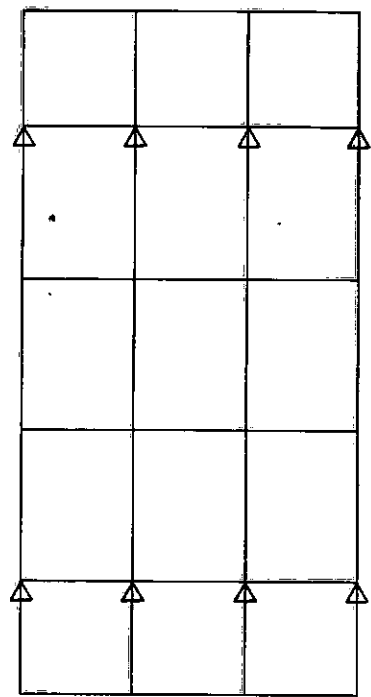
(a)



(b)



(c)



(d)

FIG. 3 - GRELHAS RETA, ESCONSA, CONTÍNUA E EM BALANÇO

1.3 - Comportamento Estrutural da Ponte tipo Grelha

Sob a ação de cargas verticais, a grelha irá se deformar provocando uma interação entre todos os elementos estruturais. Este efeito é devido à continuidade da transversina e da ligação rígida com as longarinas. As vigas sofrem deslocamentos verticais e rotações das seções em torno de seus eixos, produzindo tensões de flexão, torção e cisalhamento. Deste modo, a grelha apresenta um comportamento semelhante ao das placas.

Quando uma das longarinas é carregada, as demais vigas principais são também solicitadas, contribuindo para a viga diretamente carregada apenas uma parcela da carga total. A repartição das cargas depende principalmente do valor da rigidez das vigas transversais. Se a rigidez é nula, a repartição é pequena e toda a carga vai praticamente para a viga diretamente carregada. Para um valor de rigidez infinita, a transversina se desloca, teoricamente, paralelamente a si mesma para as cargas centradas e girando com um certo ângulo para as cargas excêntricas.

As pontes que possuem longarinas com grande rigidez à torção e transversinas com grande rigidez à flexão, o efeito de grelha é mais favorável, resultando deformações aproximadamente iguais nas transversinas, mesmo para as cargas excêntricas.

As transversinas possuem um papel importantíssimo na estrutura, pois além de serem responsáveis pela distribuição de cargas, enrijecem as almas das longarinas e funcio

nam também como apoios recalçáveis dessas vigas. Por conseguinte, o aumento do número de transversinas provoca uma distribuição mais uniforme dos esforços.

A laje da plataforma também é um elemento importante de distribuição de cargas, tendo em vista que as vigas são ligadas entre si através dela.

1.4 - Considerações sobre a Contribuição da Laje

Nas pontes em grelha, com uma laje superior flexível, em que as vigas são os principais elementos estruturais, a análise da estrutura pode ser feita como uma grelha aberta equivalente.

Uma parcela da laje, em cada painel, pode ser considerada atuando junto com as vigas da estrutura. Essa parcela de contribuição da laje é levada em conta na inércia das vigas através da largura efetiva, supondo uma seção transversal em forma de T.

A largura efetiva da mesa de compressão é um valor tal que as tensões de compressão são consideradas uniformes, substituindo a largura real da mesa, sem modificar a capacidade resistente da viga. O valor dessa largura efetiva depende de diversos fatores, tais como do tipo de apoio das vigas, da distância entre pontos de momento nulo, tipo de carregamento e das dimensões das vigas.

Experimentalmente, SAWKO² realizou testes em modelos de plataformas de pontes, comprovando a boa precisão do conceito de largura efetiva.

1.5 - Vantagens Estruturais da Ponte tipo Grelha

Uma das vantagens estruturais da ponte em grelha sobre os tipos convencionais, reside no seu alto grau de resistência à torção e a flexão. Por outro lado, a sua grande capacidade resistente à ação de cargas concentradas provenientes de veículos pesados, constitui uma de suas principais características. A continuidade da rigidez à flexão das transversinas, assegura uma boa capacidade de distribuição de cargas, resultando um fator de segurança relativamente alto para a estrutura.

Em consequência dessas vantagens, o comportamento em conjunto de todos os elementos estruturais, permite uma maior economia em relação às demais estruturas sem capacidade de distribuição de cargas. Os ensaios efetuados em várias pontes já construídas, demonstraram a grande capacidade de distribuição de cargas apresentado pelos tabuleiros de pontes em grelha.

1.6 - Aspectos Construtivos

As pontes em grelha podem ser de concreto armado, concreto protendido, metálicas ou mistas.

Nas pontes de concreto armado, as vigas podem ser concretadas no local ou pré-moldadas. O transporte das longarinas pré-moldadas é feito por meio de carros especiais e são posicionadas por guindastes, no caso de viadutos, ou por treliças de lançamento, no caso de pontes. A utilização desse tipo de viga, conduz a um processo construtivo mais rápido.

do e econômico. Em inúmeras pontes foram usadas as vigas pré-moldadas, como por exemplo na Ponte sobre o Rio Paraná em Presidente Epitácio (Rodovia São Paulo - Mato Grosso), com vigas de 45 metros de vão.

Na ponte St. Alban em Basiléia, Suíça, foram utilizados módulos pré-moldados de grelha. Tais módulos, constituídos de vigas pré-moldadas, são apoiados em longarinas principais, previamente concretadas.

No Elevado da Avenida Perimetral, a superestrutura é do tipo mista, com a laje de concreto armado e vigas metálicas.

Vários fatores influenciam a escolha adequada do tipo ideal de estrutura. Na maioria dos casos, esta escolha está relacionada com os aspectos econômicos, condições locais de trabalho, dimensões da ponte e equipamentos disponíveis. Somente um estudo comparativo, com base nas características de cada projeto, poderá indicar a melhor solução.

CAPÍTULO II

REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - Métodos de Análise de Pontes

Antes do aparecimento dos métodos clássicos de análise de pontes, os projetistas tinham grandes dificuldades no cálculo de estruturas em grelha. Inicialmente, o problema foi contornado pelo método tradicional, que estudava os elementos estruturais independentemente do conjunto. Neste procedimento, a determinação dos esforços era bastante facilitada, pois desprezava a interação entre as vigas. No entanto, os dados experimentais comprovaram que as tensões obtidas diferiam dos valores medidos na prática.

Um dos primeiros estudos do comportamento de uma ponte em grelha, considerando a influência da distribuição de cargas, foi realizado por ZSCHETSCHKE em 1898. A aplicação da teoria das placas ortótropas nestas estruturas só ocorreu em 1914.

HUBER estudou as lajes de concreto armado com propriedades elásticas diferentes em duas direções ortogonais, ou seja analisando-as como placas ortótropas. O Método de Equivalência Elástica, baseado na teoria de HUBER, consiste basicamente em substituir a estrutura real por uma placa ortótropa equivalente.

Após estes estudos iniciais, vários métodos de aná

lise foram propostos, baseados nos princípios da resistência dos materiais, com a finalidade de simplificação do projeto. Diferentes processos aproximados foram estabelecidos, facilitando os cálculos mas prejudicando às vezes a precisão dos resultados.

Em 1946, GUYON estudou a possibilidade de aplicar o princípio de equivalência elástica a um sistema de pontes em grelha. Entretanto, no método de GUYON somente foram analisadas estruturas com rigidez à torção desprezíveis.

Em 1950, MASSONNET³ aprimorou o método de GUYON, introduzindo na análise o efeito de torção. Mais tarde, BARÉS⁴ aperfeiçoou este processo.

No método de PELIKAN-ESSLINGER⁸ é utilizada a equação de HUBER simplificada, desprezando a rigidez a torção e uma das rigidezes à flexão. O método de ENGESSER-COURBON⁶, atribuído a ENGESSER e desenvolvido na França por COURBON e MALLET, considera a transversiana com rigidez infinita sem o efeito de torção. Já no processo de LEONHARDT⁵, a estrutura real é substituída por uma grelha com longarinas ligadas por transversinas flexíveis. No Brasil, FERRAZ¹⁰ aplicou o desenvolvimento em séries de Fourier para as cargas, esforços e deformações ao longo das vigas principais.

Com o aparecimento dos computadores, novos métodos de análise foram propostos. VAZ¹¹ estudou a grelha pelo Método dos Elementos Finitos, utilizando um elemento tridimensional, sem contudo determinar os esforços para as cargas móveis.

As investigações experimentais em modelos reduzidos e em estruturas reais, mostraram uma precisão satisfatória para estes métodos.

2.2 - Teoria da Equivalência Elástica de HUBER

Este estudo é baseado na teoria das placas ortótropas e o seu princípio fundamental consiste em substituir a estrutura real da ponte em grelha, por uma placa ortótropa equivalente de espessura constante. Para que a estrutura real, caracterizada por um sistema discreto de vigas, possa ser substituída pelo sistema contínuo, caracterizado pela placa ortótropa, é necessário que os espaçamentos entre as vigas sejam pequenos em relação às dimensões externas da ponte. As rijezas são consideradas uniformemente distribuídas em duas direções e além disso, elas não dependem das condições de bordo da placa ou da distribuição das cargas atuantes.

A equação diferencial da placa ortótropa ou equação de HUBER é a seguinte:

$$D_x \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2H \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + D_y \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = p(x,y)$$

D_x, D_y — rijezas à flexão nas direções X e Y

$2H$ — rigidez à torção efetiva

w — deformação da placa

$p(x,y)$ — carregamento externo

A solução da equação de HUBER, tendo em vista as

condições de bordo do problema e o tipo de carregamento, fornece as tensões em qualquer ponto da placa.

Embora a estrutura real não possa ser substituída completamente pela placa ortótropa, SZILARD⁹ afirma que de acordo com os dados experimentais, esta idealização estrutural conduz a resultados bastante razoáveis.

Esta teoria de HUBER é pouco utilizada na prática, devido as dificuldades matemáticas na resolução da equação diferencial. Entretanto, ela serviu de base para todos os métodos aproximados de cálculo.

2.3 - Método de GUYON - MASSONNET^{3,7}

O objetivo desse método, também chamado de método dos coeficientes de distribuição transversal, consiste na determinação da distribuição transversal de cargas ao longo das longarinas, para os diversos graus de rijezas transversais e resistência à torção.

A solução desse problema é feita através da equivalência elástica de HUBER, levando-se em conta a equação diferencial das placas ortótropas. O comportamento da ponte é definido pelo parâmetro de flexão θ , que caracteriza as propriedades de flexão da estrutura, e pelo parâmetro de torção α , que caracteriza a influência relativa da torção.

Neste método, o carregamento real é substituído por uma carga senoidal ao longo de uma linha, no sentido longitudinal da ponte. MASSONNET justifica esta hipótese, explicando que em pontes rodoviárias o carregamento obtido pela so

ma das cargas móveis com as cargas permanentes tem o aspecto senoidal.

O coeficiente de distribuição transversal é definido como a relação entre o deslocamento vertical W de um ponto da estrutura, sob o efeito de uma carga senoidal em linha, pelo deslocamento vertical W_0 do mesmo ponto, sob o efeito da carga distribuída senoidalmente por toda a ponte:

$$K(y) = \frac{W(x,y)}{W_0(x)}$$

O coeficiente K depende do parâmetro de flexão, do parâmetro de torção, da excentricidade relativa da carga senoidal e da ordenada relativa do ponto considerado.

GUYON determinou os valores do coeficiente de distribuição para pontes sem rigidez à torção ($\alpha = 0$) e MASSONNET para pontes com rigidez à torção infinita ($\alpha = 1$). Os valores intermediários são obtidos pela seguinte equação:

$$K_a = K_0 + (K_1 - K_0) \sqrt{\alpha}$$

Os valores de K_a são fornecidos em tabelas numéricas por BARÈS⁴ em função do parâmetro de flexão.

A determinação do momento fletor máximo nas longarinas é feita por tentativas para uma disposição adequada das cargas no sentido transversal. Assim sendo, através dos coeficientes de distribuição transversal pode-se pesquisar a repartição de cargas mais desfavorável.

Vários autores verificaram experimentalmente este método em modelos e obras construídas, demonstrando a sua eficiência. Segundo MASSONNET³, este processo foi comprovado em pontes executadas na Bélgica, Inglaterra, Alemanha, Canadá e Japão.

2.4 - Método de PELIKAN-ESSLINGER⁸

Este método, normalmente utilizado em pontes metálicas, é baseado na equação de HUBER sob uma forma mais simplificada. O tabuleiro, considerado como placa ortótropa, é apoiado rigidamente nas vigas principais e elasticamente nas longarinas.

Na primeira etapa do método, as vigas principais são consideradas rígidas. Em seguida, as longarinas são consideradas como apoios elásticos, sendo que os esforços finais são calculados por superposição desses dois casos.

A rigidez à flexão D_x e a rigidez à torção H , são desprezadas por serem pequenas em relação à rigidez à flexão D_y . O cálculo é feito por faixas apoiadas nas transversinas, de maneira que a equação de HUBER tem o seguinte aspecto:

$$D_y \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = p$$

2.5 - Método de ENGESSER-COURBON⁶

A hipótese básica do método é que as transver-

sinas são consideradas com rigidez infinita, desprezando-se assim o efeito de torção. Por esta razão, o eixo da transversina se mantém reto após a deformação, segundo uma equação do tipo:

$$y = a + bx$$

O problema fundamental do método consiste em determinar as reações para uma carga P , atuando na transversina e supondo as longarinas igualmente espaçadas. Essas reações são calculadas através das equações de equilíbrio de forças, sendo que cada reação será considerada proporcional ao deslocamento vertical e ao momento de inércia correspondente a cada longarina.

Nos pontos de cruzamento entre as longarinas e as transversinas não carregadas, nenhuma reação é considerada. O tabuleiro se comporta como se não possuísse transversinas e desta forma a carga P se distribui entre as longarinas, proporcionalmente a um coeficiente de distribuição transversal.

Na prática, este método somente é aplicado para pontes de pequena largura em relação ao vão, para que as transversinas possam ser consideradas suficientemente rígidas.

2.6 - Método de LEONHARDT⁶

Neste método, a estrutura em grelha formada por longarinas, transversinas e a laje, é substituída por um sis

tema de vigas longitudinais ligadas por vigas transversais, desprezando a laje como elemento de distribuição transversal. A ligação das longarinas com as transversinas é feita através de uma articulação e por esta razão, as vigas transversais são consideradas flexíveis e apoiadas nas vigas longitudinais.

Segundo LEONHARDT, a distribuição transversal de cargas é definida pelo grau de rigidez Z , que caracteriza a estrutura em grelha:

$$Z = \frac{i}{k} \frac{\bar{J}}{J} \left(\frac{\ell}{2a} \right)^3$$

ℓ, a — vão e espaçamento das longarinas

\bar{J}, J — momento de inércia das transversinas e longarinas

k — coeficiente das condições de apoio

i — coeficiente da transversina

Quanto maior o valor do grau de rigidez, melhor será a distribuição transversal, de tal forma que para transversinas muito rígidas conduz a uma distribuição mais eficiente.

O coeficiente de distribuição transversal r_{ik} é definido como sendo a reação correspondente a longarina i , quando a carga unitária atua na longarina k . A obtenção desses coeficientes é feita pelas equações de equilíbrio de forças e pela igualdade de flechas nos pontos nodais.

Uma das vantagens do método, é que ele pode ser

estendido para grelhas com longarinas engastadas ou contínuas e para grelhas com longarinas extremas reforçadas.

CAPÍTULO III

ANÁLISE DA GRELHA PELO MÉTODO DA RIGIDEZ

3.1 - Hipóteses Consideradas

Na análise da grelha pelo método da rigidez, o tabuleiro da ponte é substituído por um sistema de grelha equivalente, constituído por longarinas e transversinas, com a laje contribuindo nos momentos de inércia das vigas.

A estrutura é considerada reticulada, isto é, os membros são longos em relação às dimensões das secções transversais. Além disso, esses elementos devem ser prismáticos, flexíveis e rigidamente conectados nos pontos nodais.

Por hipótese, o material da estrutura segue a lei de HOOKE, os deslocamentos são pequenos em comparação com as dimensões dos elementos e as iterações de flexão-compressão são desprezadas. Deste modo, a grelha é suposta linearmente elástica e é válido o princípio de superposição dos efeitos.

A estrutura é estudada em relação a um sistema ortogonal de eixos globais (X, Y, Z) e a um sistema de eixos da grelha (XGR, YGR, ZGR) .

No caso de grelhas esconsas, as coordenadas dos pontos nodais da estrutura são estudadas em relação aos eixos da grelha. As coordenadas de um ponto J em relação a esses eixos são dadas pelas seguintes fórmulas:

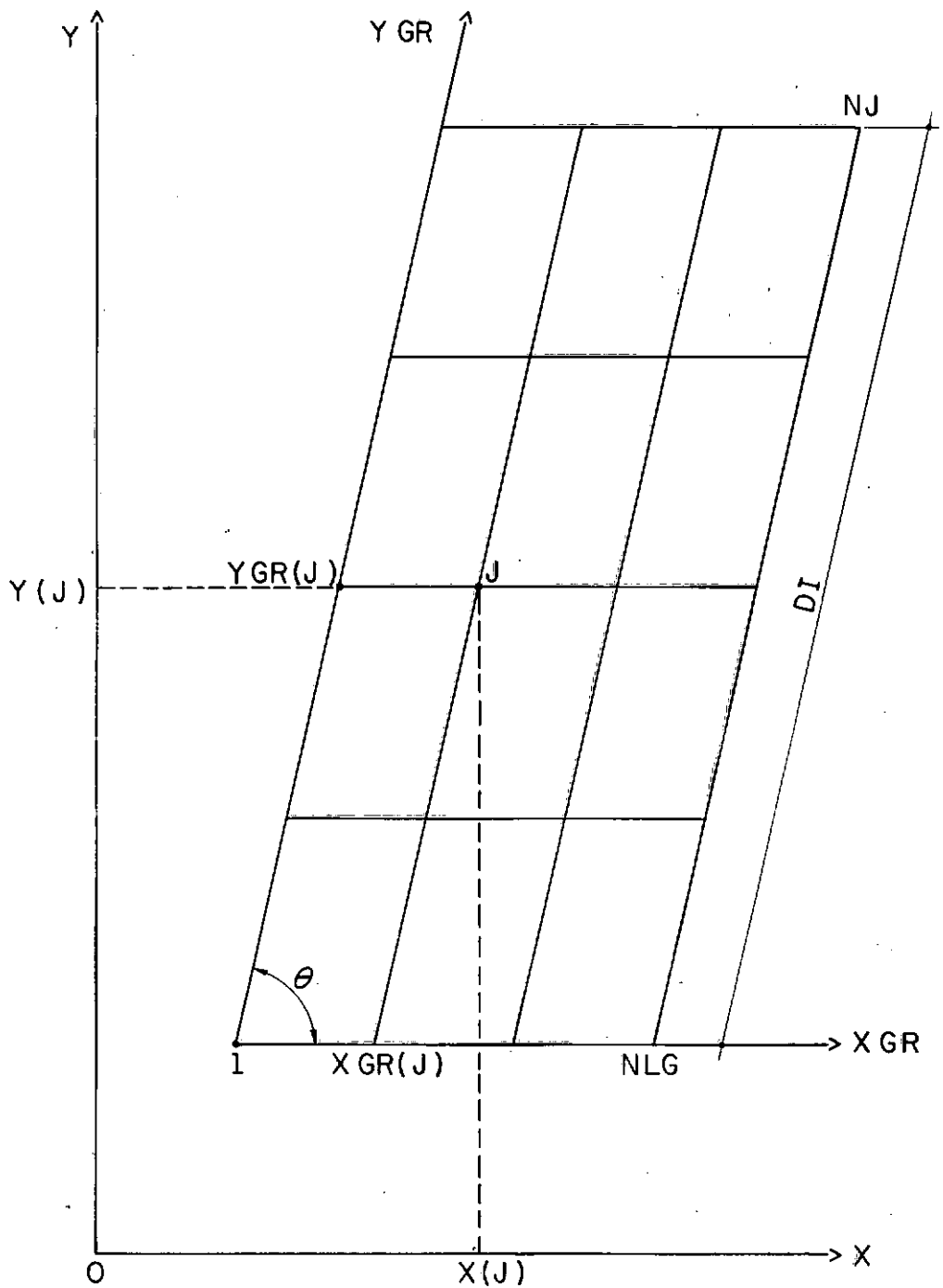


FIG. 4 - COORDENADAS DE UM PONTO J

$$YGR(J) = \frac{Y(J) - Y(1)}{\text{sen } \theta}$$

$$XGR(J) = X(J) - X(1) - YGR(J) \cos \theta$$

O ângulo de esconsidade θ é definido por:

$$\text{sen } \theta = \frac{Y(NJ) - Y(NLG)}{DI}$$

$$\cos \theta = \frac{X(NJ) - X(NLG)}{DI}$$

Cada nã rígido da estrutura pode sofrer uma translação, perpendicular ao plano da grelha, e uma rotação sobre os eixos ortogonais neste mesmo plano. Para que isso aconteça, as cargas externas atuantes são sempre normais ao plano da grelha e os vetores momentos aplicados se situam neste plano. Em consequência, os elementos estruturais estarão submetidos à torção, flexão e cortante.

3.2 - Método da Rigidez^{12,13}

O Método da Rigidez ou Método dos Deslocamentos tem por finalidade a determinação das forças internas e externas, as quais devem satisfazer as condições de equilíbrio e produzir deformações compatíveis com as condições de apoio. As incôgnitas do método são os deslocamentos, translação e rotação, dos pontos nodais da estrutura.

Para a solução do problema estrutural, são adicionadas restrições nos pontos nodais para impedir os desloca-

mentos nestes pontos e são determinadas as forças necessárias para produzir tais restrições. Em seguida, fazemos atuar os deslocamentos nodais até que as forças de restrição desapareçam. Conhecidos os deslocamentos, os esforços são calculados pelo princípio de superposição dos efeitos.

As equações de equilíbrio do nó são expressas em termos dos deslocamentos:

$$(A_J) = (A_{JL}) + (S_J)(D_J)$$

(A_J) – vetor das ações externas

(A_{JL}) – vetor das ações nos nós livres e restringidos

(S_J) – matriz de rigidez global da estrutura

(D_J) – vetor dos deslocamentos

A matriz de rigidez global da estrutura envolve todos os nós da estrutura. Os coeficientes dessa matriz são determinados, supondo toda a estrutura restringida, aplicando-se separadamente deslocamentos unitários nos nós e calculando as ações de restrições resultantes.

Para o caso de uma estrutura em grelha, o número de deslocamentos desconhecidos ou número de graus de liberdade é calculado por:

$$N = 3 \times NJ - NR$$

NJ – número de nós da estrutura

NR – número de restrições

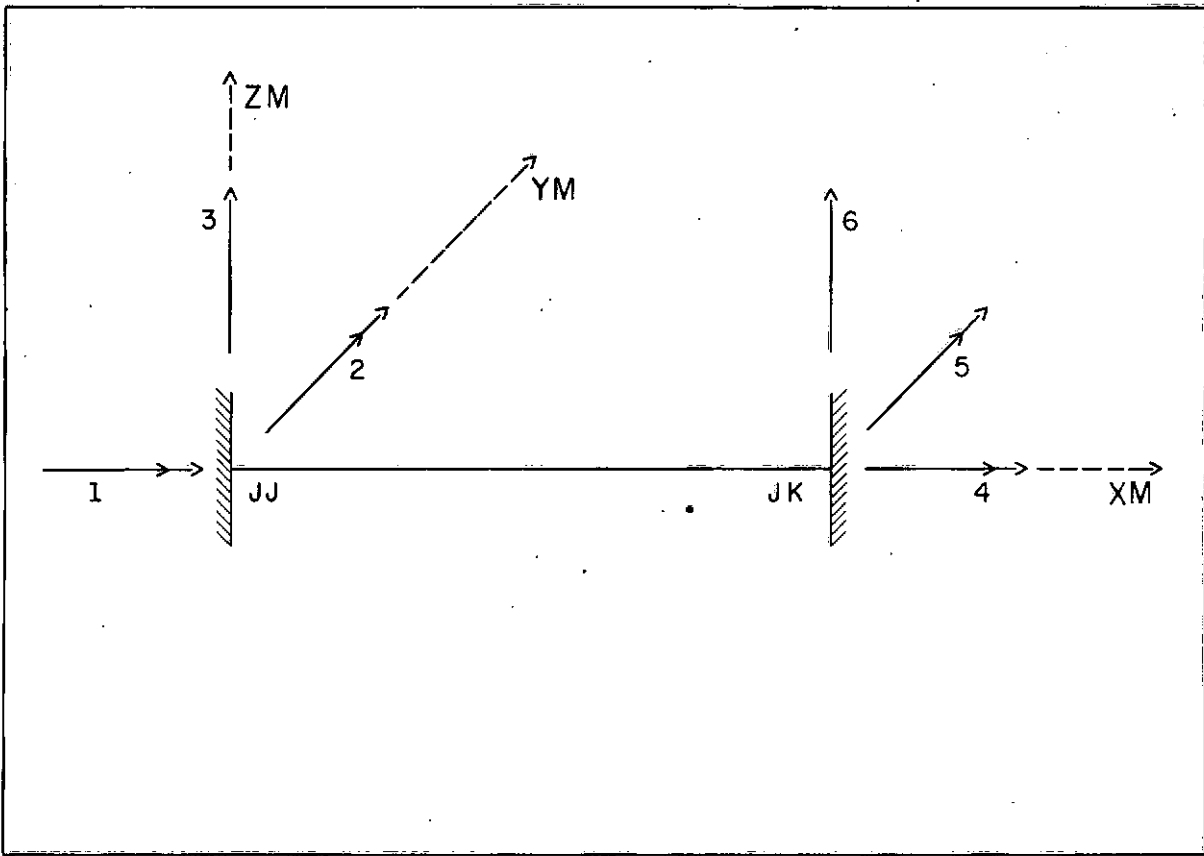


FIG. 5 - VETORES DESLOCAMENTOS NOS EXTREMOS DO MEMBRO DA GRELHA

3.3 - Matriz de Rigidez de um Membro da Grelha

Os coeficientes da matriz de rigidez (SM) do membro de grelha, são as ações de restrição de um membro restringido, devido a deslocamentos unitários aplicados nos extremos deste membro.

Um elemento $S(i,j)$ desta matriz é definido como uma força produzida na direção i para um deslocamento unitário na direção j , sendo os demais deslocamentos nulos. A matriz (SM) para um membro de seção constante, em relação a um sistema de eixos locais, é uma matriz quadrada e simétrica. Esta matriz, fornecida por GERE¹², depende dos seguintes parâmetros:

I_x, I_y — momentos de inércia em relação aos eixos locais do membro

E, G — módulos de elasticidade característicos do material

L — comprimento do membro

A matriz (SM) é transformada dos eixos locais para os eixos globais, com o auxílio da matriz de rotação de transformação (RT), para a geração da matriz (SMD):

$$(SMD) = (RT)^T \times (SM) \times (RT)$$

sendo:

$$(RT) = \begin{bmatrix} (R) & (0) \\ (0) & (R) \end{bmatrix}$$

$$(R) = \begin{bmatrix} CX & CY & 0 \\ -CY & CX & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

CX, CY - co - senos diretores do membro

$(RT)^T$ - matriz transposta de (RT)

A matriz auxiliar (SMR) fica definida por:

$$(SMR) = (SM) \times (RT)$$

Portanto, a matriz (SMD) será:

$$(SMD) = (RT)^T \times (SMR)$$

3.4 - Geração da Matriz de Rigidez Global

A matriz de rigidez global (S) é gerada através da transferência dos elementos da matriz de rigidez do elemento (SMD), em relação aos eixos globais. A sua obtenção é feita pela soma das contribuições das matrizes de rigidez dos elementos.

A matriz (S) é montada de tal forma que os índices correspondentes aos graus de liberdade, fiquem separados dos índices correspondentes às restrições de apoio. Para isso, os índices dos deslocamentos dos nós são modificados, tendo em vista as restrições dos deslocamentos.

A numeração dos nós da estrutura deve ser feita de tal modo que a diferença de numeração destes pontos seja a menor possível. Desta maneira, os elementos não nulos da ma

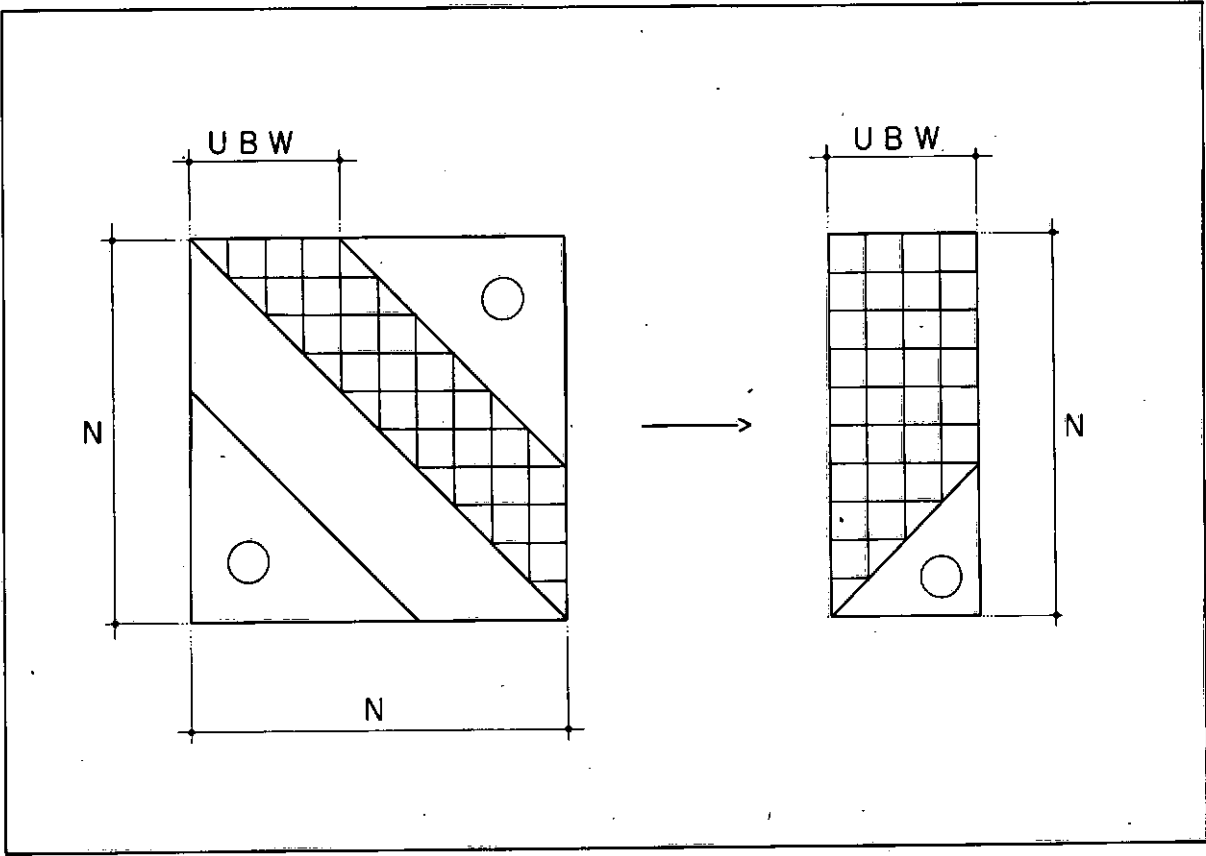


FIG. 6 - ARMAZENAMENTO DA BANDA SUPERIOR DA MATRIZ DE RIGIDEZ GLOBAL

triz (S) ficarão dispostos ao longo da diagonal.

A largura superior de banda (UBW) da matriz (S) é definida como a máxima diferença entre o índice da coluna de um elemento não nulo e o índice da coluna da diagonal principal, relativo a uma mesma linha. Na maioria dos casos, a minimização da largura da banda acarreta uma redução do tempo necessário para a resolução do sistema de equações.

Durante a resolução do sistema de equações, somente são armazenados os elementos da banda superior de (S). Esses elementos são dispostos em uma matriz retangular, de modo que os elementos da diagonal principal de (S) fiquem na primeira coluna da nova matriz.

3.5 - Cargas Externas Aplicadas na Estrutura

As ações externas aplicadas na grelha podem ser de dois tipos: cargas aplicadas diretamente nos pontos nodais e cargas aplicadas nos membros da estrutura.

As cargas aplicadas nos nós são sempre referidas ao sistema de eixos globais da estrutura. Tais cargas podem ser as componentes do vetor momento nas direções X e Y, e uma força concentrada paralela ao eixo Z. Para o nó K essas cargas são as seguintes:

$$M_X = A(3K - 2)$$

$$M_Y = A(3K - 1)$$

$$P_Z = A(3K)$$

Por outro lado, as cargas aplicadas nos membros são sempre referidas ao sistema de eixos locais do membro (X_M , Y_M , Z_M). Esse carregamento provocará o aparecimento das ações de restrições (AML) nos extremos do membro bi-engastado da grelha.

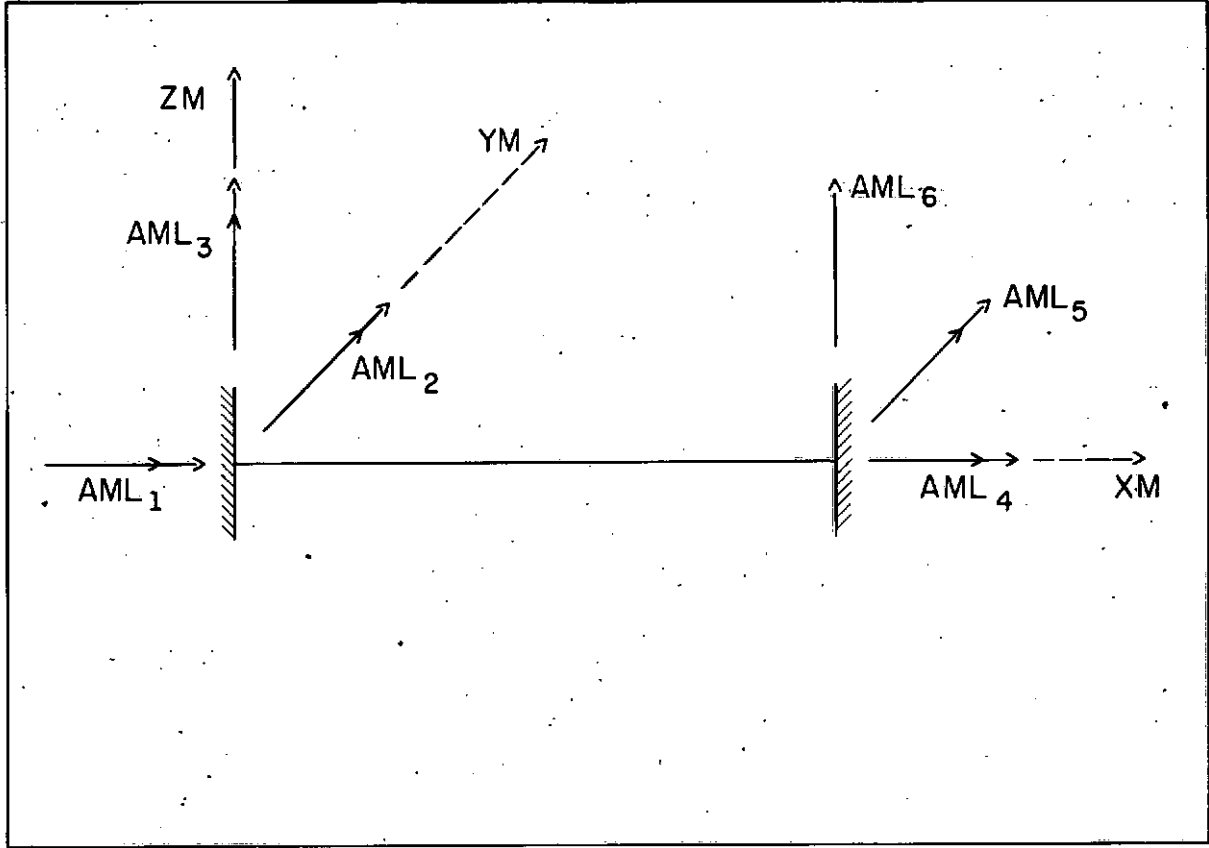


FIG. 7 - AÇÕES DE RESTRIÇÕES NO MEMBRO DA GRELHA

CAPÍTULO IV

SUPERFÍCIES DE INFLUÊNCIA

4.1 - Superfícies de Influência nas Grelhas

A principal finalidade das superfícies de influência é a de analisar os efeitos das cargas móveis agindo sobre uma estrutura bi-dimensional. As formas destas superfícies são muito importantes, pois elas nos indicam as regiões da estrutura a serem carregadas para a obtenção dos esforços máximos.

As superfícies de influência são estudadas de maneira análoga ao conceito geral de linhas de influência. Elas representam a variação de um determinado esforço, em uma dada seção, devido a uma carga unitária se deslocando em uma estrutura. Quando a carga unitária estiver situada em uma posição qualquer, ela irá provocar esforços que variam à medida que essa carga se desloca na ponte. Para a obtenção da superfície de influência, basta ~~plotar~~ os valores destes esforços nos pontos de aplicação da carga unitária. Portanto, cada ordenada $W(x,y)$ da superfície irá representar o esforço produzido em uma determinada seção, quando a carga unitária estiver situada no ponto de coordenadas (x,y) .

As ordenadas da superfície de influência nos pontos nodais da grelha são obtidas através de um programa de computador, elaborado no presente trabalho. Cada nó da es-

estrutura é carregado sucessivamente com uma carga unitária vertical e para cada um desses carregamentos são calculados os esforços na seção estudada. Para a determinação de tais esforços, o sistema de equações é resolvido, modificando-se o vetor das ações e conservando constante a matriz de rigidez da estrutura.

De acordo com o Princípio de MULLER-BRESLAU de deformações elásticas, as coordenadas da superfície de influência são sempre iguais às ordenadas da curva deformada da estrutura. Deste modo, a geração das superfícies de influência de momento fletor pode ser feita pela ligação das ordenadas obtidas, por curvas suaves nas direções X e Y. A única singularidade ocorre na seção em estudo, onde a curva apresenta uma variação unitária na tangente, também prevista pelo referido princípio.

Por outro lado, a superfície de influência de esforço cortante é uma superfície totalmente irregular, sendo que a descontinuidade não é apenas localizada em um único ponto mas se propaga ao longo de quase toda a superfície, dificultando a sua correta definição.

4.2 - Expressão Analítica das Superfícies de Influência de Momento Fletor

A superfície de influência de momento fletor é representada por uma expressão analítica, que fornece as ordenadas dessa superfície em qualquer ponto no interior da grelha. Essa expressão é dada em função das ordenadas da superfície

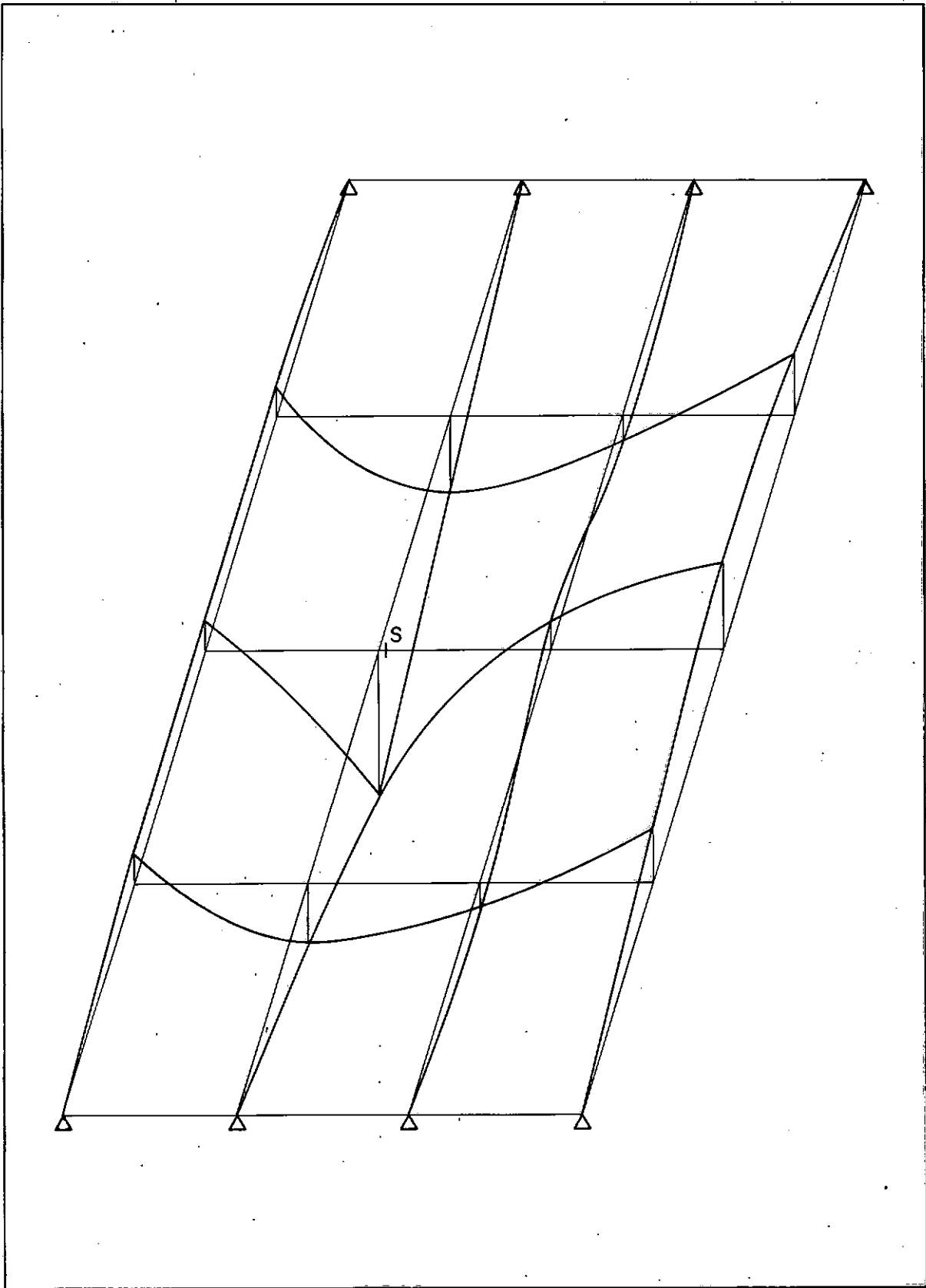


FIG. 8 - SUPERFÍCIE DE INFLUÊNCIA DE MOMENTO FLETOR

nos pontos nodais da grelha e das derivadas parciais nas direções X e Y nestes mesmos pontos.

AYER¹⁴ constatou que a forma básica das superfícies de influência se mantêm aproximadamente a mesma, desde que a variação do tamanho relativo dos membros não seja muito grande. Além disso, a continuidade das deformações, ao longo das vigas na grelha, é garantida pela hipótese de nós rigidamente conectados, resultando com isso uma continuidade das tangentes nas direções X e Y, exceto no ponto de singularidade. Baseado nestas conclusões, é possível estudar uma expressão analítica que represente a forma aproximada das superfícies.

Ao longo das longarinas e transversinas, as superfícies de influência devem ser compatíveis com as linhas de influência de uma viga isolada. Pelo princípio de MULLER-BRESLAU, a linha de influência de momento fletor para uma viga contínua, correspondente a curva deformada da estrutura, obedece a uma equação diferencial do quarto grau do tipo $y^{IV} = 0$, conduzindo portanto a uma equação do terceiro grau para a variável y. Desta maneira, as linhas de influência ao longo das vigas na grelha, podem ser representadas por polinômios do terceiro grau.

Em consequência, a função de interpolação SS, definida para cada painel da grelha, será obtida por uma combinação de polinômios também do terceiro grau. Essa função deve representar uma superfície suave, que coincida com cada uma das quatro curvas polinomiais, definidas ao longo de cada lado do painel.

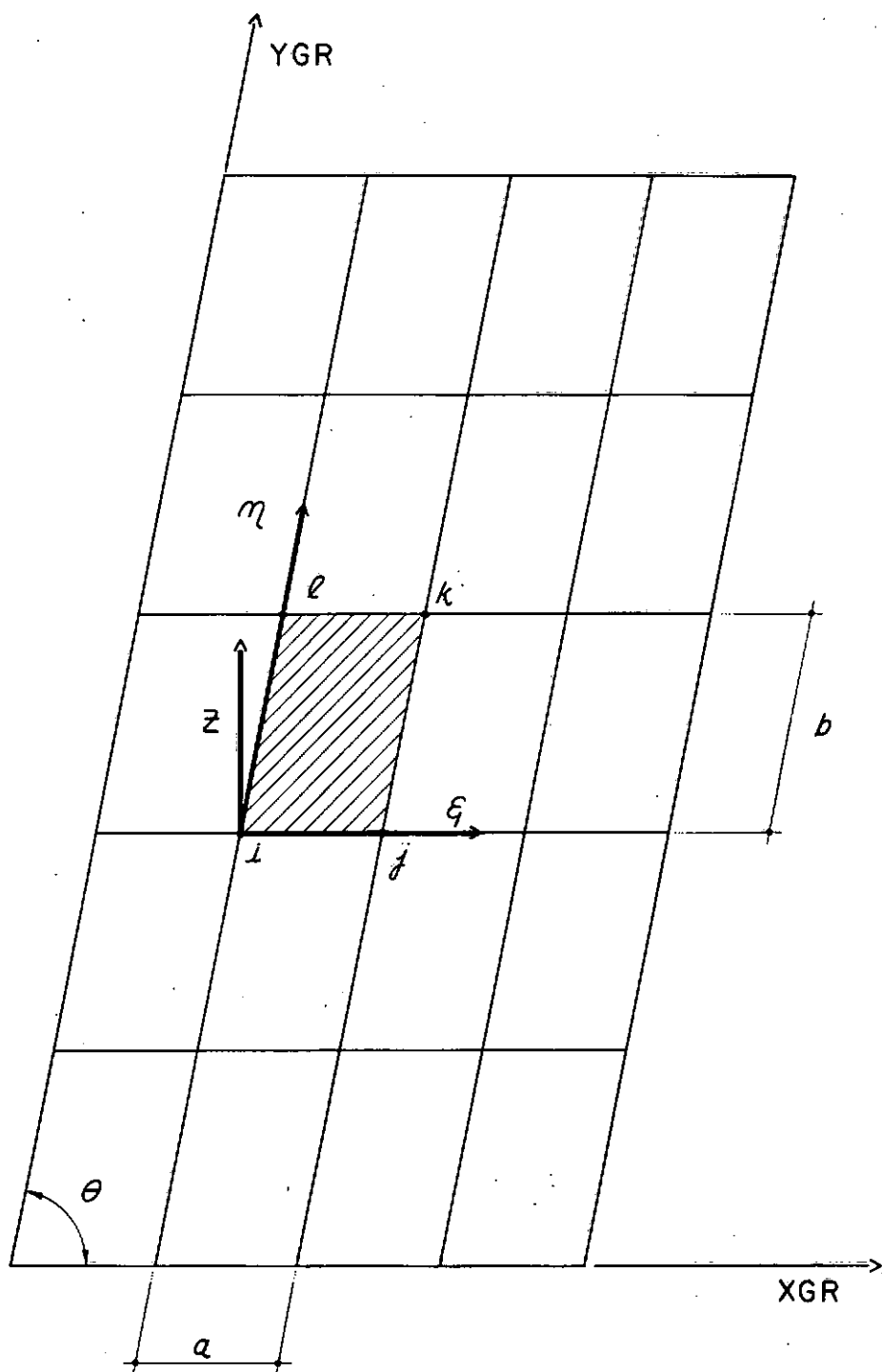


FIG. 9 - PAINEL NO INTERIOR DA GRELHA

Os referidos polinômios correspondem às equações da linha elástica de vigas bi-engastadas, de comprimento unitário, sujeitas às seguintes deformações unitárias nos extremos:

— Rotação unitária no n.º inicial

$$\psi(\epsilon) = \epsilon(1-\epsilon)^2 \quad \text{sendo } 0 < \epsilon < 1$$

— Rotação unitária no n.º final

$$\psi(1-\epsilon) = (1-\epsilon)\epsilon^2$$

— Deslocamento unitário no n.º inicial

$$1 - \phi(\epsilon) = 1 - 3\epsilon^2 + 2\epsilon^3$$

— Deslocamento unitário no n.º final

$$\phi(\epsilon) = (3 - 2\epsilon)\epsilon^2$$

Da mesma maneira, os polinômios são também desenvolvidos na direção η , de tal forma que a coordenada relativa varie de 0 a 1.

No Método dos Elementos Finitos, BOGNER¹⁵ desenvolveu a função deslocamento, para um elemento retangular de placa, em termos dos polinômios de HERMITE. Tais polinômios são análogos aos anteriormente mostrados, de acordo com as seguintes igualdades:

$$H_{11} = \psi(\epsilon)$$

$$H_{01} = 1 - \phi(\epsilon)$$

$$H_{12} = \psi(1-\epsilon)$$

$$H_{02} = \phi(\epsilon)$$

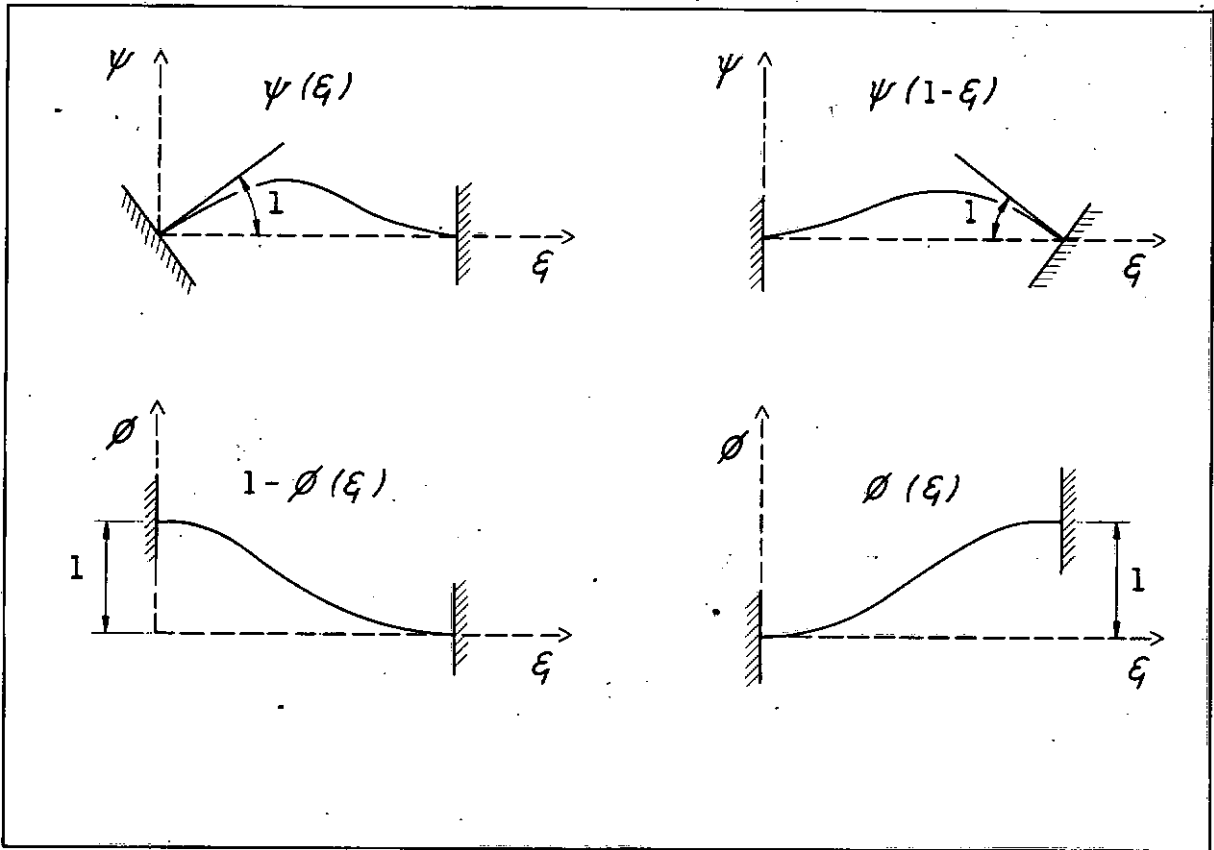


FIG. 10 - REPRESENTAÇÃO DAS FUNÇÕES POLINOMIAIS

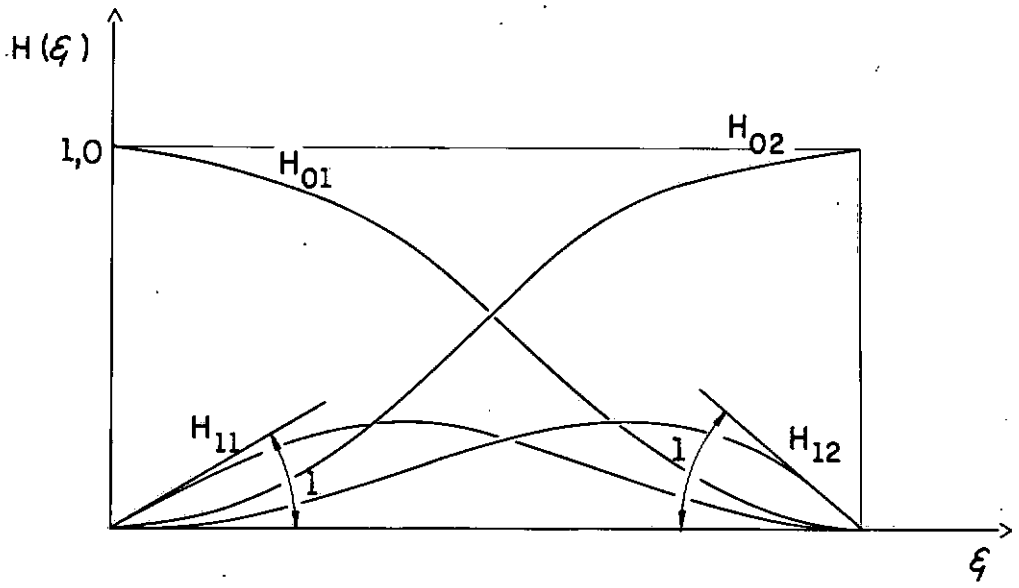


FIG. 11 - POLINÔMIOS DE HERMITE

Os polinômios de HERMITE seguem as mesmas propriedades das equações da linha elástica de vigas bi-engastadas:

$$H_{0i}(\epsilon_i) = 1 \quad \text{para } \epsilon = \epsilon_i$$

$$\frac{d}{d\epsilon} H_{1i}(\epsilon_i) = 1 \quad \text{para } \epsilon = \epsilon_i$$

$$H_{ij}(\epsilon_j) = 0 \quad \text{para } \epsilon = \epsilon_j$$

$$\frac{d}{d\epsilon} H_{0j}(\epsilon_j) = 0 \quad \text{para } \epsilon = \epsilon_j$$

Quando o painel da grelha estiver submetido a uma deformação unitária em um dos pontos nodais do painel, a equação da função deformação será obtida pelo produto dos polinômios de HERMITE.

Em um painel de grelha ($a \times b$), as funções deformações, devido a deslocamentos unitários nos pontos nodais, são as seguintes:

— Deslocamento unitário no nó i

$$S_1(\epsilon, \eta) = (1 - \phi(\epsilon)) \times (1 - \phi(\eta))$$

— Deslocamento unitário no nó j

$$S_2(\epsilon, \eta) = (1 - \phi(\eta)) \times \phi(\epsilon)$$

— Deslocamento unitário no nó k

$$S_3(\epsilon, \eta) = \phi(\eta) \times \phi(\epsilon)$$

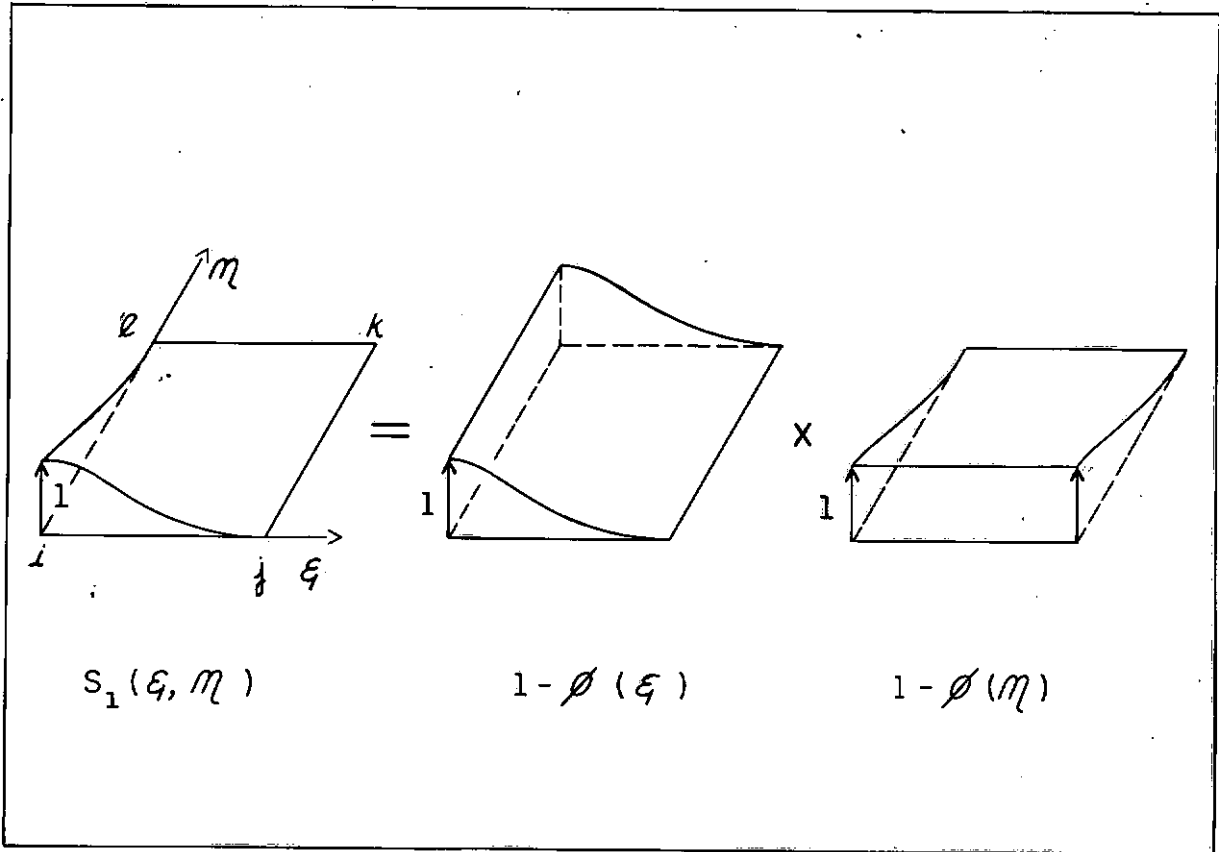


FIG. 12 - OBTENÇÃO DA FUNÇÃO DEFORMAÇÃO S_1

— Deslocamento unitário no n \bar{o} ℓ

$$S_4(\epsilon, \eta) = (1 - \phi(\epsilon)) \times \phi(\eta)$$

As funções de deformações, devido a rotação unitária nos pontos nodais na direção η , são:

— Rotação unitária no n \bar{o} i

$$S_5(\epsilon, \eta) = a \psi(\epsilon) \times (1 - \phi(\eta))$$

— Rotação unitária no n \bar{o} j

$$S_6(\epsilon, \eta) = a \psi(1 - \epsilon) \times (1 - \phi(\eta))$$

— Rotação unitária no n \bar{o} k

$$S_7(\epsilon, \eta) = a \psi(1 - \epsilon) \times \phi(\eta)$$

— Rotação unitária no n \bar{o} ℓ

$$S_8(\epsilon, \eta) = a \psi(\epsilon) \times \phi(\eta)$$

As funções de deformações, devido a rotações unitárias nos n \bar{o} s na direção ϵ , valem:

— Rotação unitária no n \bar{o} i

$$S_9(\epsilon, \eta) = b \psi(\eta) \times (1 - \phi(\epsilon))$$

— Rotação unitária no n \bar{o} j

$$S_{10}(\epsilon, \eta) = b \psi(\eta) \times \phi(\epsilon)$$

— Rotação unitária no n \bar{o} k

$$S_{11}(\epsilon, \eta) = b \psi(1 - \eta) \times \phi(\epsilon)$$

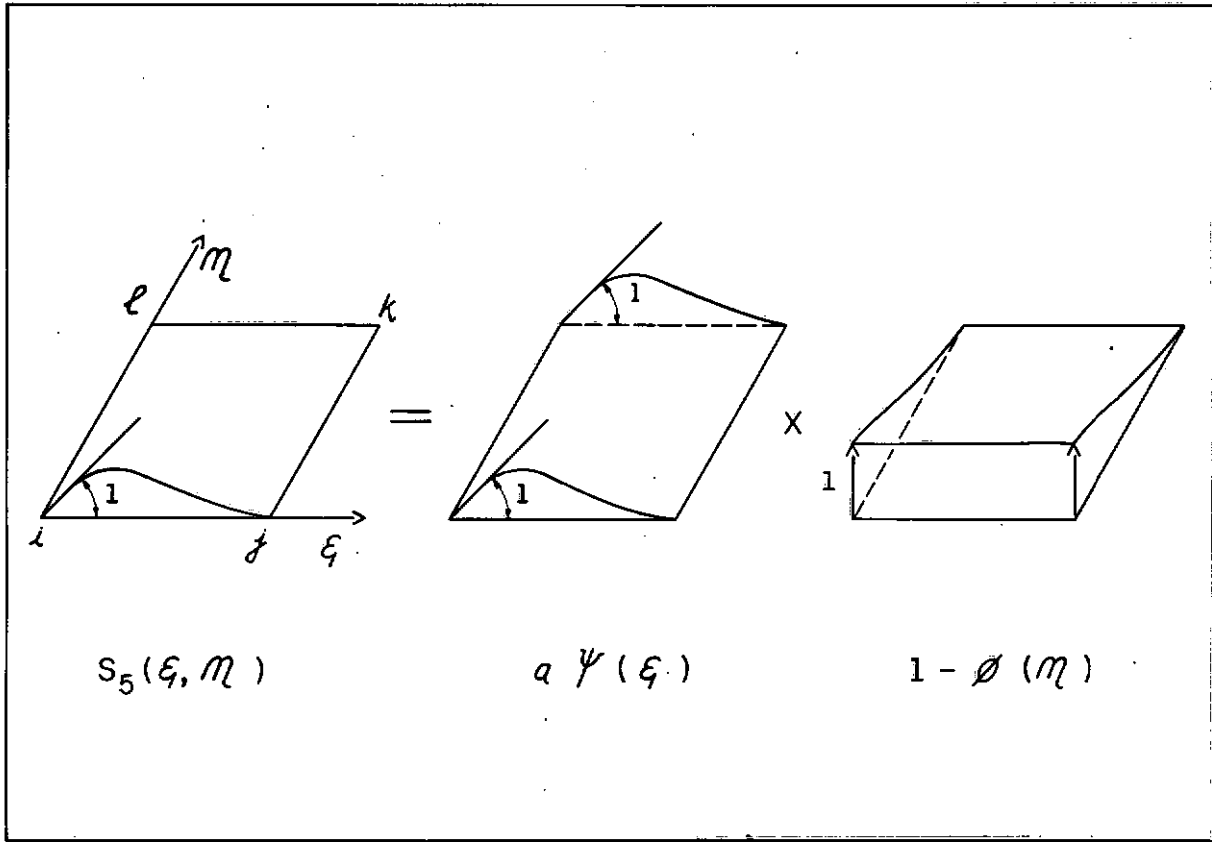


FIG. 13 - OBTENÇÃO DA FUNÇÃO DEFORMAÇÃO S_5

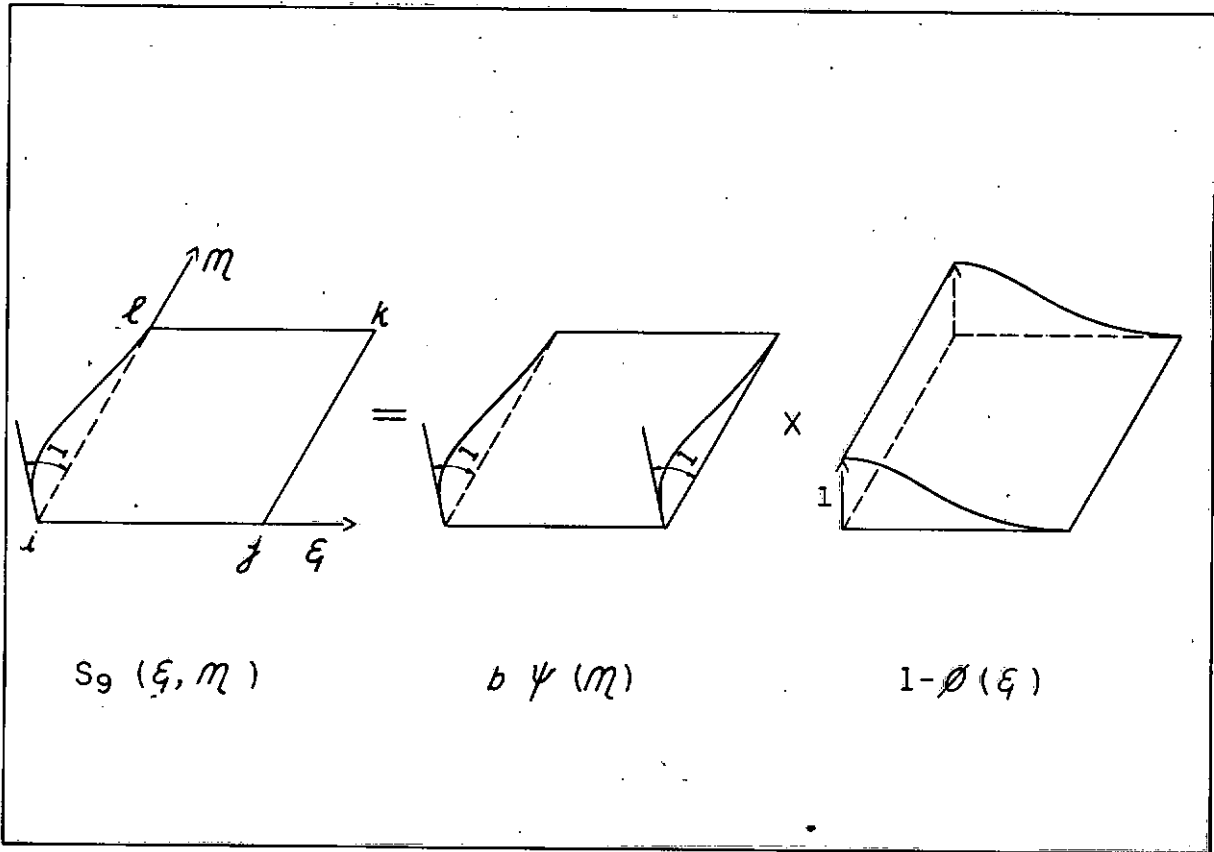


FIG. 14 - OBTENÇÃO DA FUNÇÃO DEFORMAÇÃO S_9

— Rotação unitária no $n\bar{o}$ ℓ

$$S_{12}(\epsilon, \eta) = b \psi(1 - \eta) \times (1 - \phi(\epsilon))$$

A função de interpolação é determinada pela combinação linear das funções deformações:

$$SS(\epsilon, \eta) = \sum_{i=1}^{12} \alpha_i S_i \quad (IV-1)$$

Desenvolvendo-se a equação (IV-1) e calculando-se as derivadas parciais da função de interpolação, pode-se determinar os coeficientes α pelas seguintes condições de contorno:

— No ponto de coordenadas $\epsilon = 0$ e $\eta = 0$

$$SS = W_i$$

$$\frac{\partial SS}{\partial \epsilon} = (W'_x)_i$$

$$\frac{\partial SS}{\partial \eta} = (W'_y)_i$$

— No ponto de coordenadas $\epsilon = 1$ e $\eta = 0$

$$SS = W_j$$

$$\frac{\partial SS}{\partial \epsilon} = (W'_x)_j$$

$$\frac{\partial SS}{\partial \eta} = (W'_y)_j$$

— No ponto de coordenadas $\epsilon = 1$ e $\eta = 1$

$$SS = W_k$$

$$\frac{\partial SS}{\partial \epsilon} = (W'_x)_k$$

$$\frac{\partial SS}{\partial \eta} = (W'_y)_k$$

— No ponto de coordenadas $\epsilon = 0$ e $\eta = 1$

$$SS = W_\ell$$

$$\frac{\partial SS}{\partial \epsilon} = (W'_x)_\ell$$

$$\frac{\partial SS}{\partial \eta} = (W'_y)_\ell$$

Deste modo os coeficientes α serão os seguintes:

$$\alpha_1 = W_i$$

$$\alpha_2 = W_j$$

$$\alpha_3 = W_k$$

$$\alpha_4 = W_\ell$$

$$\alpha_5 = (W'_x)_i$$

$$\alpha_6 = - (W'_x)_j$$

$$\alpha_7 = - (W'_x)_k$$

$$\alpha_8 = (W'_x)_\ell$$

$$\alpha_9 = (W'_y)_i$$

$$\alpha_{10} = (W'_y)_j$$

$$\alpha_{11} = - (W'_y)_k$$

$$\alpha_{12} = - (W'_y)_\ell$$

Substituindo os coeficientes na equação (IV-1) teremos, a função de interpolação:

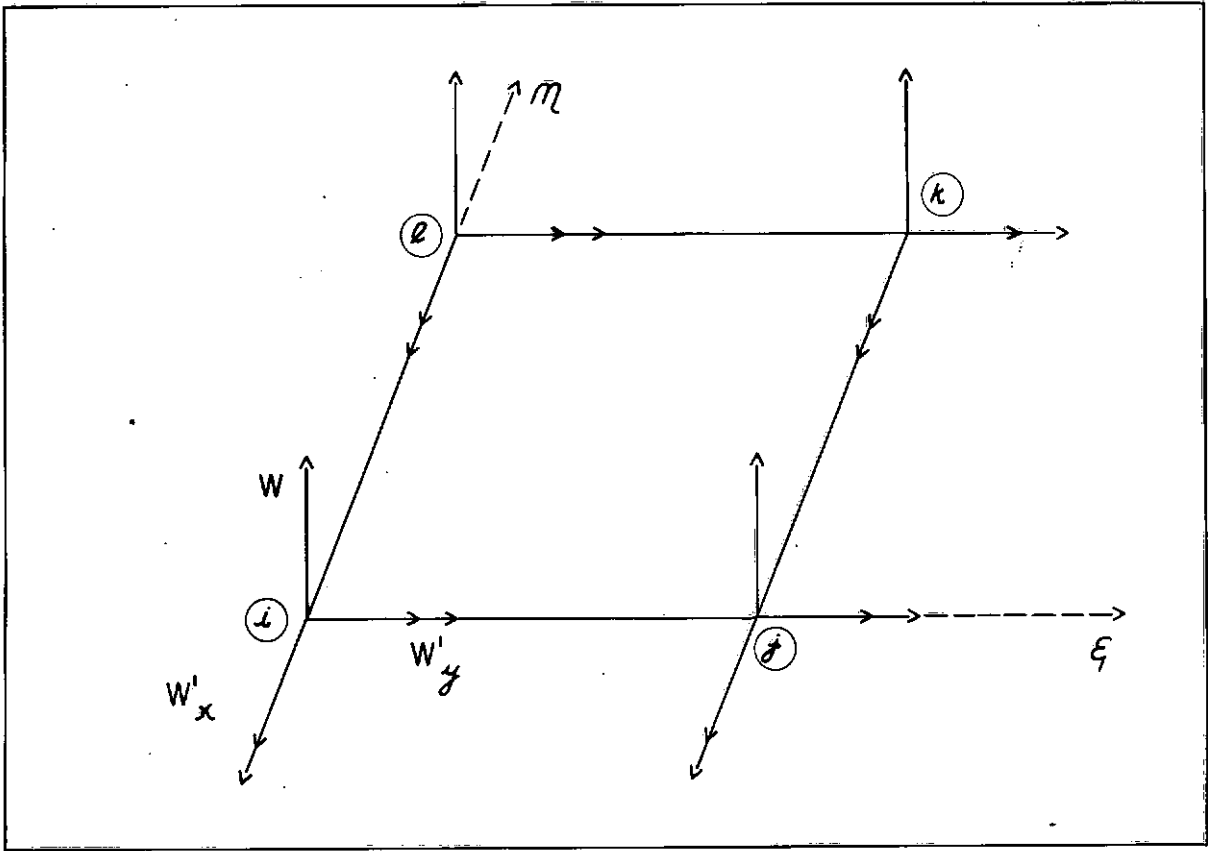


FIG. 15 - DESLOCAMENTOS NODAIS NO PAINEL DA GRELHA

$$\begin{aligned}
SS(\epsilon, \eta) = & W_i S_1 + W_j S_2 + W_k S_3 + W_\ell S_4 + \\
& (W'_x)_i S_5 - (W'_x)_j S_6 - (W'_x)_k S_7 + (W'_x)_\ell S_8 + \\
& (W'_y)_i S_9 + (W'_y)_j S_{10} - (W'_y)_k S_{11} - (W'_y)_\ell S_{12}
\end{aligned}$$

A continuidade da função de interpolação nos bordos é assegurada, pois nos painéis adjacentes são consideradas expressões analíticas similares para a superfície, com os mesmos valores de W , W'_x e W'_y nos nós comuns.

Para se levar em conta a singularidade da superfície de influência, a derivada parcial é calculada em uma seção imediatamente antes e em uma outra depois do ponto singular. Desta maneira, a função de interpolação pode ser utilizada mesmo em um painel adjacente ao nó da descontinuidade. Por esta razão, um pequeno erro é introduzido nas expressões correspondentes ao painel com um nó singular. No entanto, este erro é considerado desprezível em presença de outras aproximações feitas na análise.

Teoricamente, as ordenadas da superfície de influência dependem de muitos fatores, tais como a rigidez real da laje, o tipo de conexão entre as vigas e a laje, e do comportamento da estrutura em conjunto. Contudo, os valores das ordenadas obtidas pela fórmula de interpolação, podem ser considerados como satisfatórios.

4.3 - Derivadas Parciais nos Pontos Nodais

As derivadas parciais, nas direções X e Y , em um

determinado nó da grelha são calculadas em função das ordenadas da superfície de influência nos pontos nodais adjacentes.

Quando a distância entre os pontos nodais for muito grande,  aconselhável introduzir nós intermediários, para que a precisão do cálculo das derivadas possa ser melhorada, embora este procedimento implique em um aumento significativo no número de incgnitas do problema.

A derivada parcial em um ponto nodal será determinada pela derivada do polinmio de interpolação de LAGRANGE do segundo grau.

Seja o polinmio de LAGRANGE passando por três pontos de ordenadas conhecidas:

$$\begin{aligned}
 p(x) = & \frac{(x - x_1)(x - x_2)}{(x_0 - x_1)(x_0 - x_2)} f(x_0) + \\
 & \frac{(x - x_0)(x - x_2)}{(x_1 - x_0)(x_1 - x_2)} f(x_1) + \\
 & \frac{(x - x_0)(x - x_1)}{(x_2 - x_0)(x_2 - x_1)} f(x_2)
 \end{aligned}$$

Diferenciando este polinmio, temos:

$$\begin{aligned}
 p'(x) = & \frac{(x - x_1) + (x_1 - x_2)}{(x_0 - x_1)(x_0 - x_2)} f(x_0) + \\
 & \frac{(x - x_0) + (x - x_2)}{(x_1 - x_0)(x_1 - x_2)} f(x_1) + \\
 & \frac{(x - x_0) + (x_0 - x_1)}{(x_2 - x_0)(x_2 - x_1)} f(x_2)
 \end{aligned}$$

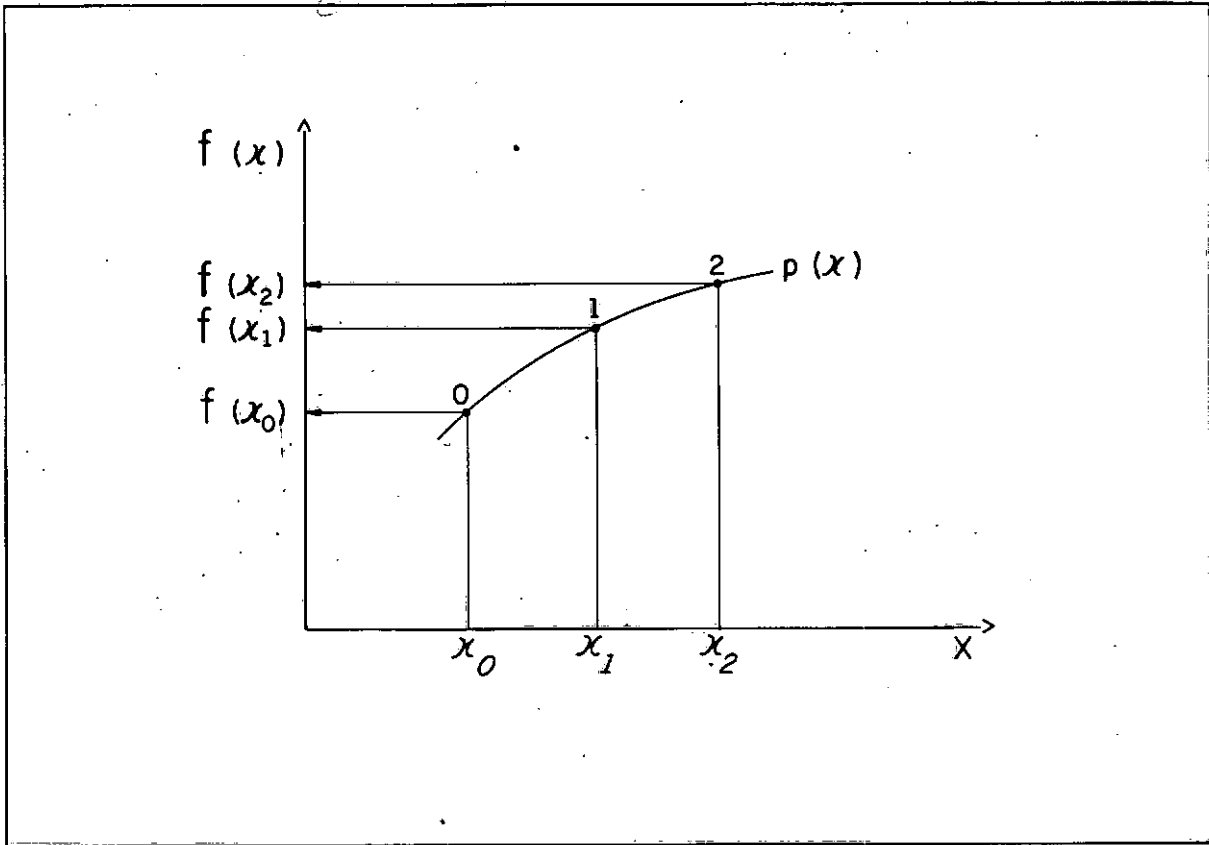


FIG. 16 - REPRESENTAÇÃO DO POLINÔMIO DE LAGRANGE

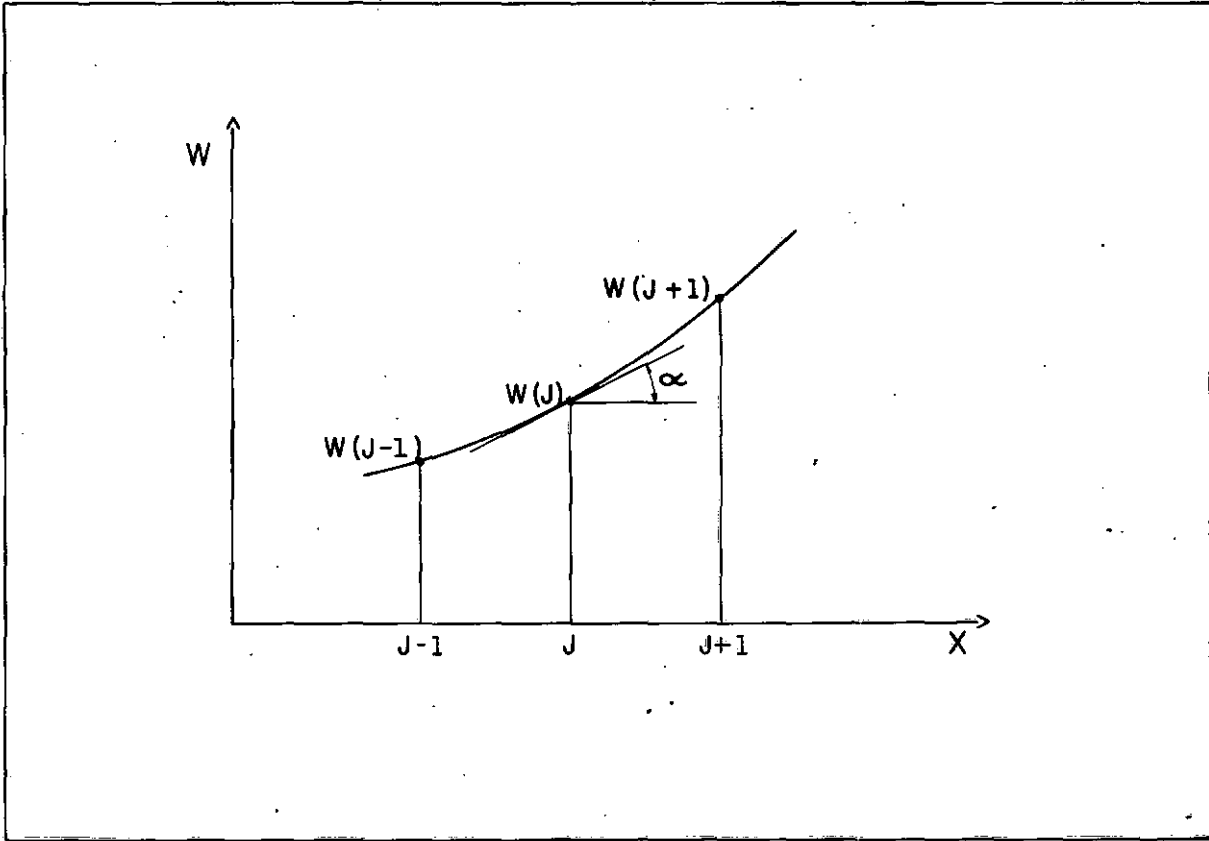


FIG. 17 - PONTO NODAL J NO INTERIOR DA GRELHA

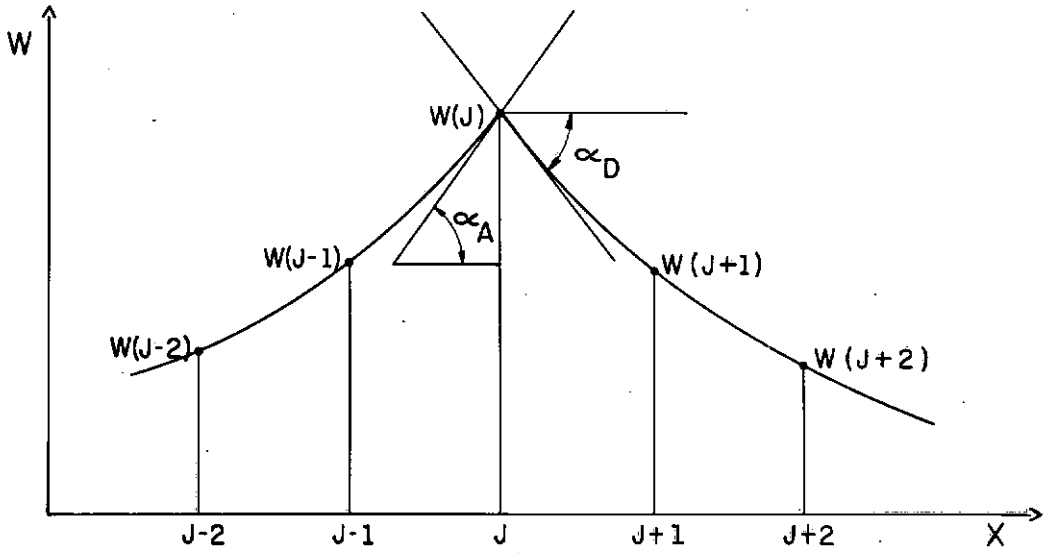


FIG. 18 - PONTO NODAL J DE DESCONTINUIDADE

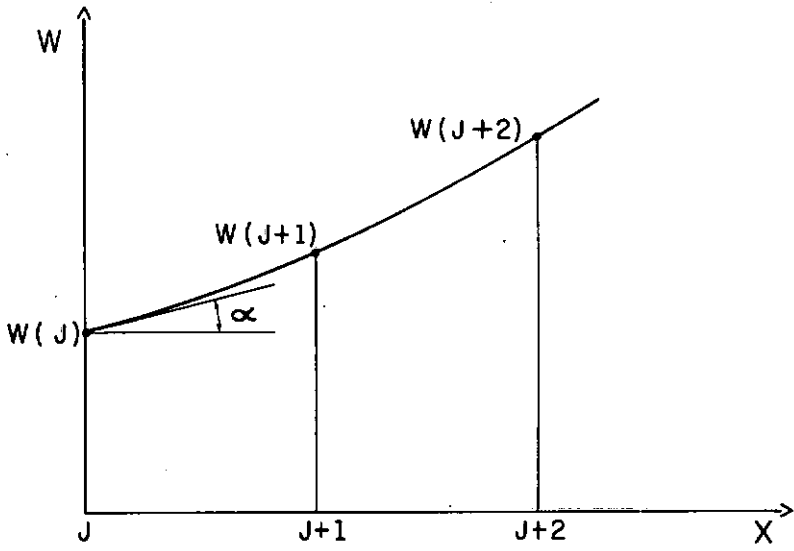


FIG. 19 - PONTO NODAL J NOS BORDOS DA GRELHA

Esta equação irá fornecer a derivada parcial em um nó da grelha em função das ordenadas da superfície de influência nos pontos nodais adjacentes.

Para que este cálculo possa ser automatizado, é necessário que a numeração dos pontos nodais obedeça a um critério, conforme especificado no manual de entrada do programa.

A escolha dos pontos nodais adjacentes irá depender da localização do ponto nodal considerado. Quando o ponto J estiver no interior da grelha, os pontos adjacentes escolhidos serão os nós $(J - 1)$ e $(J + 1)$, respectivamente situados à esquerda e à direita do ponto J.

Quando o ponto J for uma singularidade, são utilizados os pontos $(J - 1)$ e $(J - 2)$ para o cálculo da derivada parcial à esquerda e os pontos $(J + 1)$ e $(J + 2)$ para a derivada parcial à direita.

Quando J estiver situado nos bordos da grelha, serão usados os pontos $(J + 1)$ e $(J + 2)$ para a obtenção da derivada.

4.4 - Volumes de Influência

O volume de influência positivo ou negativo é definido como o volume de uma região, limitado pela superfície de influência e o plano da grelha. Tais volumes serão empregados no cálculo dos esforços devido às cargas distribuídas, conforme mostrado no item 6.3.

O cálculo aproximado dos volumes de influência é

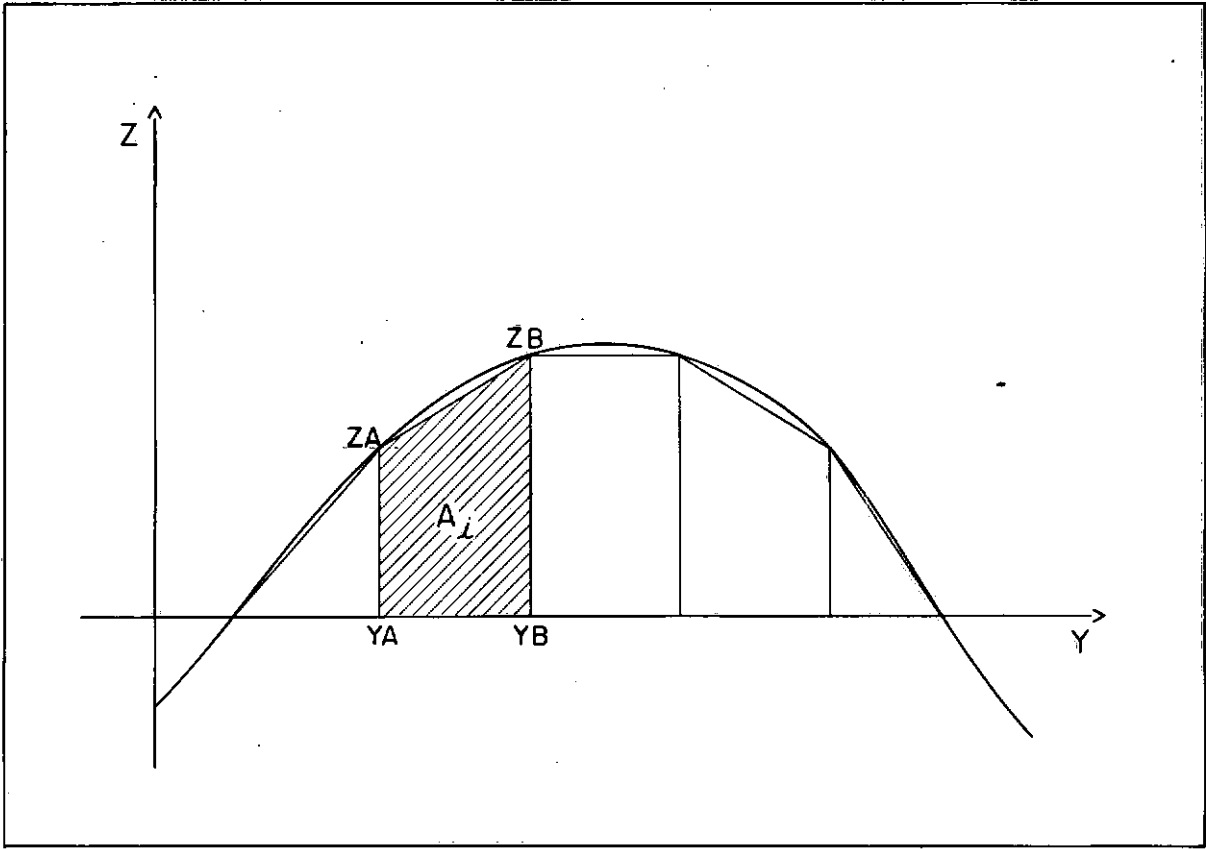


FIG. 20 - INTEGRAÇÃO DA CURVA LONGITUDINAL

feito com o auxílio de curvas longitudinais auxiliares, que são obtidas pela interseção de planos paralelos às longarinas com a superfície de influência.

Inicialmente, é feita a integração numérica da parte positiva ou negativa sob cada curva longitudinal auxiliar, pela regra do trapézio. Para isso, a curva é dividida em trechos equidistantes e a área sob essa curva, em cada trecho, é aproximada pela área do trapézio:

$$A_i = \left(\frac{Z_A + Z_B}{2} \right) \times (Y_B - Y_A)$$

A área total sob cada curva auxiliar será a soma das áreas dos trapézios:

$$A = \sum_{i=1}^n A_i$$

O volume de influência entre duas curvas longitudinais adjacentes é aproximado pela seguinte fórmula:

$$V_i = \frac{DC}{6} (A_1 + A_2 + 2(A_1 + A_2))$$

DC - distância entre duas curvas longitudinais adjacentes

A_1, A_2 - áreas sob as curvas auxiliares adjacentes.

O volume de influência total será a soma dos volumes entre as curvas longitudinais:

$$V = \sum_{i=1}^n V_i$$

CAPÍTULO V

CARGAS MÔVEIS

5.1 - Cargas MÔveis em Pontes Rodoviárias

As cargas móveis, utilizadas nas pontes rodoviárias, são geralmente padronizadas por normas técnicas de cálculo. Estas cargas são constituídas por um veículo, representado por cargas concentradas aplicadas, e por cargas de multidão, uniformemente distribuídas, aplicadas dentro e fora da faixa em que está situado o veículo. Por hipótese, o veículo deve se deslocar sempre na direção longitudinal da ponte, paralelamente ao eixo das longarinas.

Segundo a Norma Brasileira²³ NB-6 (1960), que estipula as cargas móveis em pontes rodoviárias, o veículo pode ter seis ou quatro rodas, dependendo da classe da ponte.

5.2 - Coordenadas das Rodas do Veículo

As coordenadas das rodas do veículo R1 a R6 são dadas em função dos eixos da grelha (XGR, YGR). Tais coordenadas são determinadas a partir das coordenadas da roda R1 do veículo, supondo fixas as distâncias entre as rodas e mantendo a direção de tráfego paralela às longarinas:

$$XR2 = XR1 + \frac{VA}{\text{sen } \theta}$$

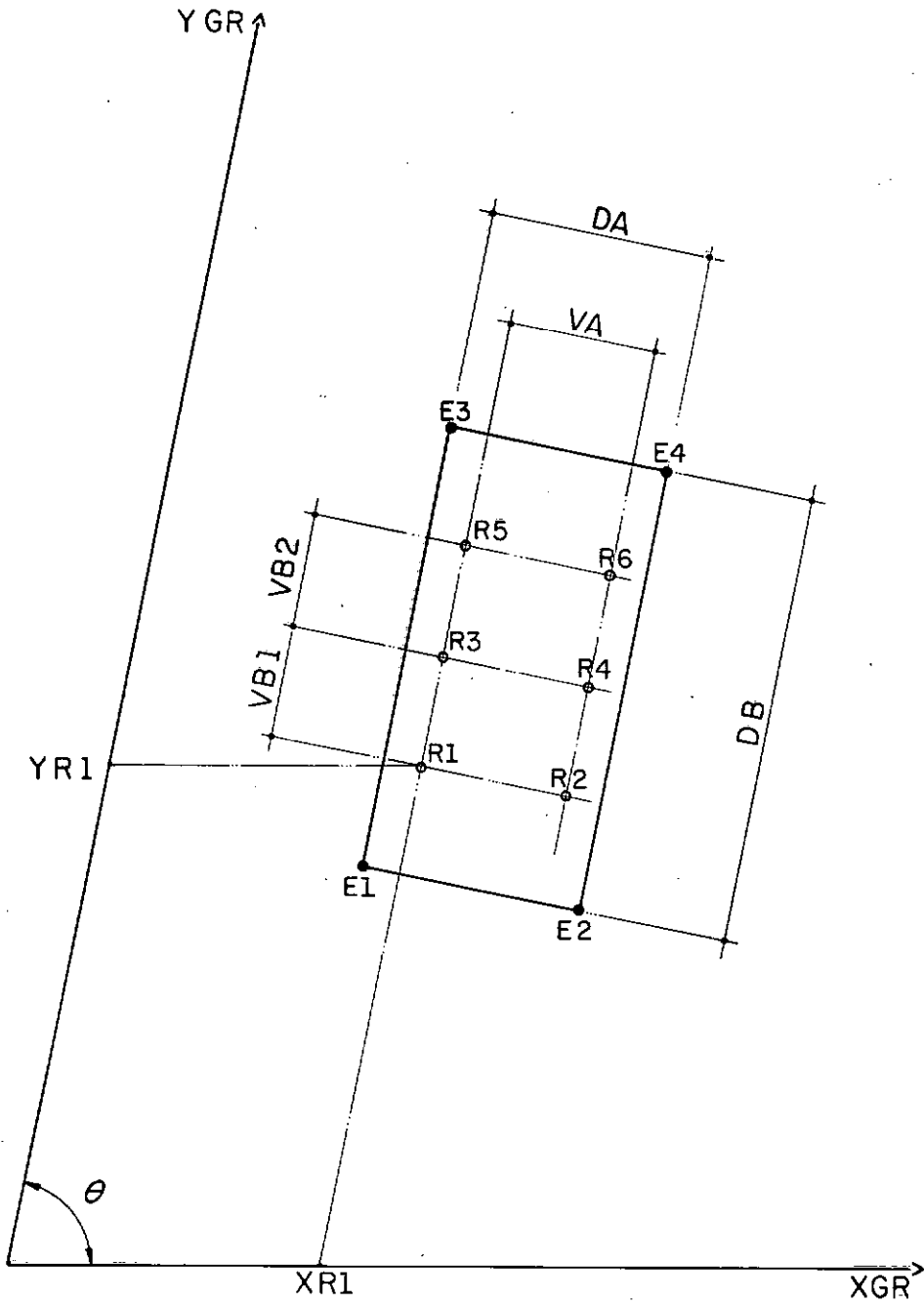


FIG. 21 - COORDENADAS DA RODA R1 DO VEÍCULO

$$XR3 = XR5 = XR1$$

$$XR4 = XR6 = XR2$$

$$YR2 = YR1 = \frac{VA \cos \theta}{\sin \theta}$$

$$YR3 = YR1 + VB1$$

$$YR4 = YR2 + VB1$$

$$YR5 = YR3 + VB2$$

$$YR6 = YR4 + VB2$$

Do mesmo modo, as coordenadas das extremidades do veículo também são dadas em função da coordenada da roda inicial R1:

$$XE1 = XR1 - \frac{(DA - VA)}{2 \sin \theta}$$

$$XE2 = XE1 + \frac{DA}{\sin \theta}$$

$$XE3 = XE1$$

$$XE4 = XE2$$

$$YE1 = YR1 - \left| \frac{DB - VB1 - VB2}{2} - \frac{(DA - VA) \cos \theta}{2 \sin \theta} \right|$$

$$YE2 = YE1 - \frac{DA \cos \theta}{\sin \theta}$$

$$YE3 = YE1 + DB$$

$$YE4 = YE2 + DB$$

Baseado nestas considerações, pode-se verificar que a posição do veículo, dentro da ponte, fica perfeitamente definida em função das coordenadas da roda R1.

5.3 - Posições Extremas do Veículo

As posições extremas do veículo, são garantidas a través de restrições matemáticas às coordenadas da roda R1, para que o veículo possa ser considerado fisicamente dentro da ponte. Essas posições correspondem ao veículo encostado nos extremos laterais da ponte e o veículo com pelo menos uma roda dentro do tabuleiro:

a) Veículo encostado no bordo esquerdo

$$XR1 \geq 0$$

b) Veículo encostado no bordo direito

$$XR1 \leq XGR(NLG) - \frac{VA}{\sin \theta}$$

c) Veículo entrando na ponte

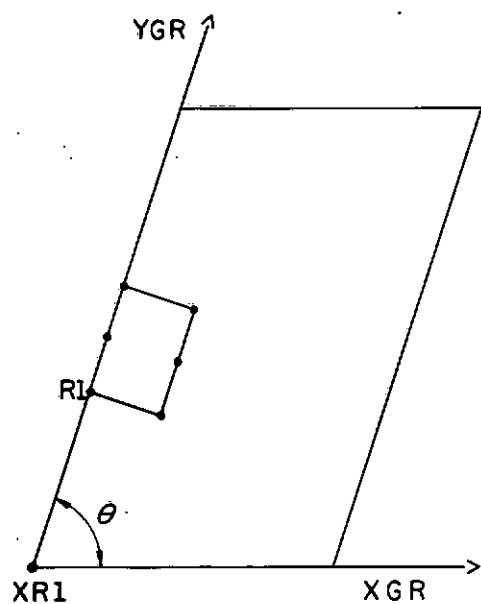
$$YR1 > - (VB1 + VB2) \quad \text{para } \theta \leq 90^\circ$$

$$YR1 > - (VB1 + VB2 - \frac{VA \cos \theta}{\sin \theta}) \quad \text{para } \theta > 90^\circ$$

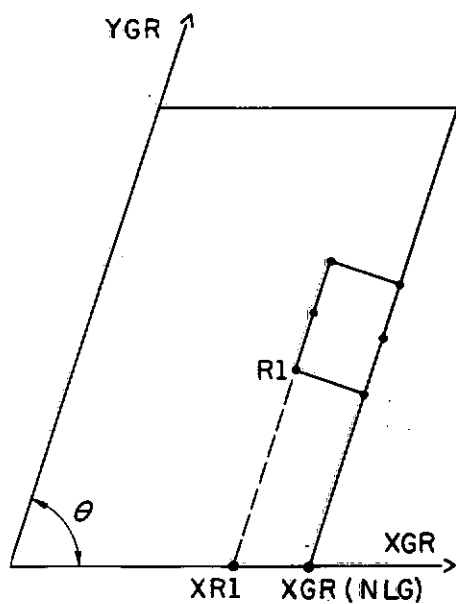
d) Veículo saindo da ponte

$$YR1 < YGR(NJ) + \frac{VA \cos \theta}{\sin \theta} \quad \text{para } \theta \leq 90^\circ$$

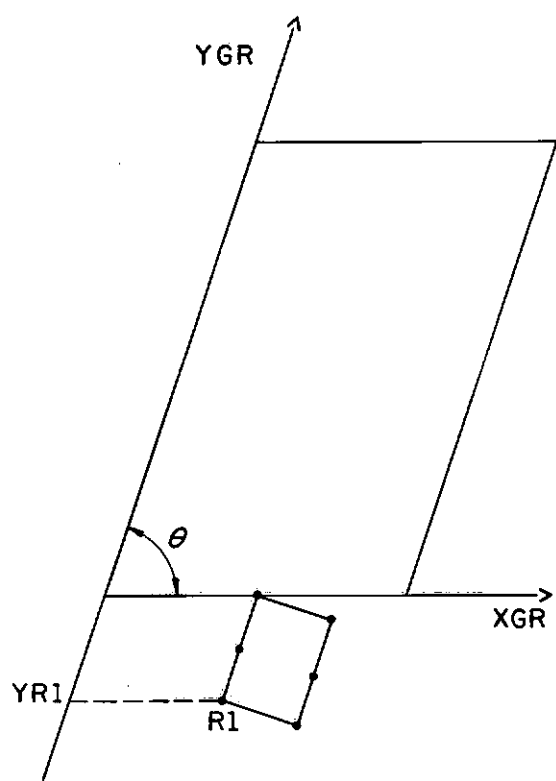
$$YR1 < YGR(NJ) \quad \text{para } \theta > 90^\circ$$



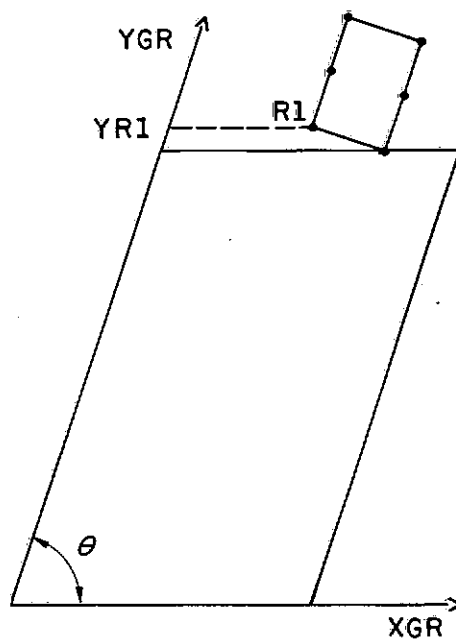
(a)



(b)



(c)



(d)

FIG. 22 - POSIÇÕES EXTREMAS DO VEÍCULO

CAPÍTULO VI

ESFORÇOS MÁXIMOS

6.1 - Definição da Função Objetiva

O cálculo de um esforço, devido às cargas de um veículo e baseado no conceito de superfícies de influência, é feito através da função objetiva. Ela é definida pelo somatório do produto das cargas aplicadas pelas ordenadas correspondentes na superfície de influência:

$$FO(x,y) = \sum_{i=1}^n P_i W(x_i, y_i)$$

$FO(x,y)$ - função objetiva com a roda R1 do veículo colocada no ponto (x,y)

P_i - intensidade da carga concentrada da roda i

$W(x_i, y_i)$ - ordenada da superfície de influência correspondente às coordenadas (x_i, y_i) da roda i.

No ponto de coordenadas $(XR1, YR1)$, a função objetiva será:

$$\begin{aligned} FO(XR1, YR1) &= P1 \times W(XR1, YR1) + \\ &P2 \times W(XR2, YR2) + P3 \times W(XR3, YR3) + \\ &P4 \times W(XR4, YR4) + P5 \times W(XR5, YR5) + \\ &P6 \times W(XR6, YR6) \end{aligned}$$

Como as coordenadas das rodas do veículo são dependentes das coordenadas da roda R1, a função objetiva também irá depender dessas coordenadas para sua correta definição. Consequentemente, para a determinação dos esforços máximos, devido às cargas do veículo, deve-se procurar a posição mais desfavorável da roda R1 correspondente ao valor máximo da função objetiva.

6.2 - Método de Procura Direta FOMAX

Este método tem por finalidade a determinação da função objetiva máxima, positiva ou negativa, em uma seção da estrutura, para um certo esforço.

O problema da obtenção do valor máximo da função objetiva é semelhante a um problema de otimização com restrições. São as limitações da posição do veículo dentro da ponte, conforme mostrado no item 5.3, as restrições impostas.

De acordo com os métodos de otimização, a primeira providência seria a estimativa do ponto inicial do processo iterativo. A partir deste ponto, é realizada a procura do ponto ótimo, visando o menor trajeto possível e um mínimo tempo computacional.

No Método de Procura Direta, o ponto inicial será a primeira posição da roda R1 do veículo, enquanto que o ponto ótimo será a posição desta roda R1 correspondente a função objetiva máxima.

Já no Método do gradiente, a direção do mais rápido caminho ao valor máximo é indicada pelo gradiente da função

ção a ser otimizada. Deste modo, seria necessário o desenvolvimento matemático da superfície de influência e a determinação de derivadas parciais, para a utilização deste método.

Uma das grandes vantagens do Método de Procura Direta FOMAX, é que não são calculadas as derivadas parciais durante o processo iterativo. Além disso, a singularidade da superfície de influência de momento fletor, causaria muitas dificuldades se um método matemático fosse empregado.

Em princípio, o Método FOMAX poderia ser utilizado para qualquer esforço na grelha. No entanto, a acentuada descontinuidade e irregularidade de certas superfícies de influências, torna impraticável o uso deste método para o esforço cortante.

Para cada superfície de influência de momento fletor, correspondente a uma determinada seção, o Método FOMAX é caracterizado pelas seguintes etapas:

1ª etapa - Estimativa do ponto inicial

O ponto inicial positivo W_P será escolhido como o maior valor positivo entre as ordenadas das superfícies de influência nos pontos nodais. Analogamente, o ponto inicial negativo W_N será o maior valor negativo entre as ordenadas da superfície de influência nos nós da grelha.

Quando a superfície possuir todas as ordenadas positivas, a função objetiva máxima negativa será nula. Em caso contrário, isto é, quando a superfície de influência for toda negativa, a função objetiva máxima positiva será igual a zero.

2ª etapa - Determinação da função objetiva auxiliar

A função objetiva auxiliar FAUX é calculada com o veículo em uma posição tal que a roda R1, de coordenadas (XR1, YR1), fique situada sobre o ponto inicial:

$$FAUX = FO(XR1, YR1)$$

3ª etapa - Obtenção da ordenada máxima global

Nesta etapa, será empregado um algoritmo para a estimativa do valor máximo global da superfície de influência. Para uma maior eficiência do processo, o algoritmo faz uma distinção entre máximo local e global nos casos em que a superfície apresenta vários máximos, como por exemplo em grelhas contínuas.

O processo iterativo é iniciado a partir do ponto (XR1, YR1), correspondente à ordenada WMAX do ponto inicial da superfície de influência. Este ponto será considerado, para efeito de comparação, o ponto máximo local de ordenada WLOC.

A estratégia do método consiste na pesquisa do ponto máximo global, através de oito sentidos de procura, partindo do ponto máximo local. Estes sentidos de procura são, respectivamente, sentidos positivo e negativo dos eixos X e Y e os sentidos intermediários.

Ao longo de cada sentido, são efetuados acréscimos nas variáveis X e Y, definidos pelas seguintes equações:

$$X_T = X_T (\text{anterior}) + dx$$

$$Y_T = Y_T (\text{anterior}) + dy$$

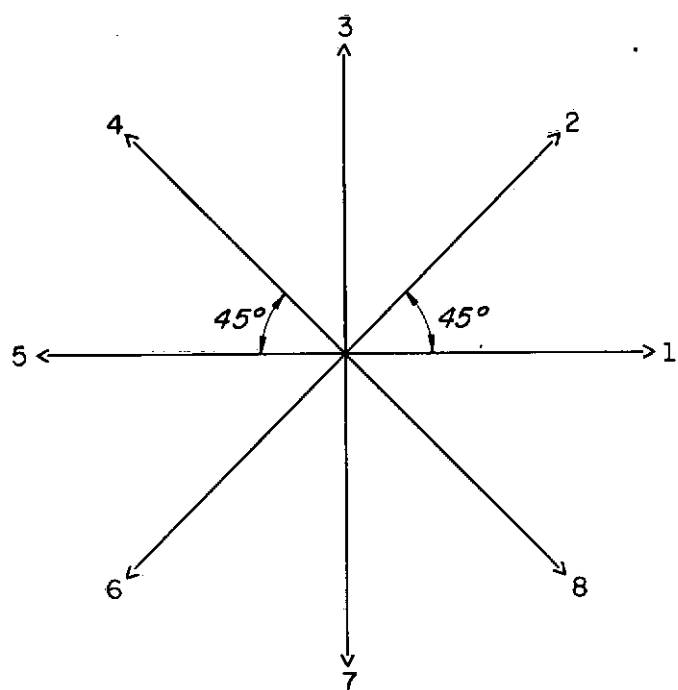


FIG. 23 - SENTIDOS DE PROCURA DO MÉTODO

Nestas equações, as variáveis X_T e Y_T representam as coordenadas do ponto tentativa de ordenada Y_T na superfície de influência.

Os acréscimos dx e dy são expressos por:

$$dx = 2^{i-1} \times \Delta x$$

$$dy = 2^{i-1} \times \Delta y$$

sendo $i \geq 1$

As constantes Δx e Δy podem assumir os seguintes valores, de acordo com o sentido de procura:

SENTIDO	Δx	Δy
1	+0,1	0
2	+0,1	+0,1
3	0	+0,1
4	-0,1	+0,1
5	-0,1	0
6	-0,1	-0,1
7	0	-0,1
8	+0,1	-0,1

Por exemplo, no sentido 1 o acréscimo dx é dado pela expressão:

$$dx = 2^{i-1} \times 0,1$$

Pelo gráfico da variação de dx com o valor de i , pode-se sentir a tendência de aumento da variável dx à medi-

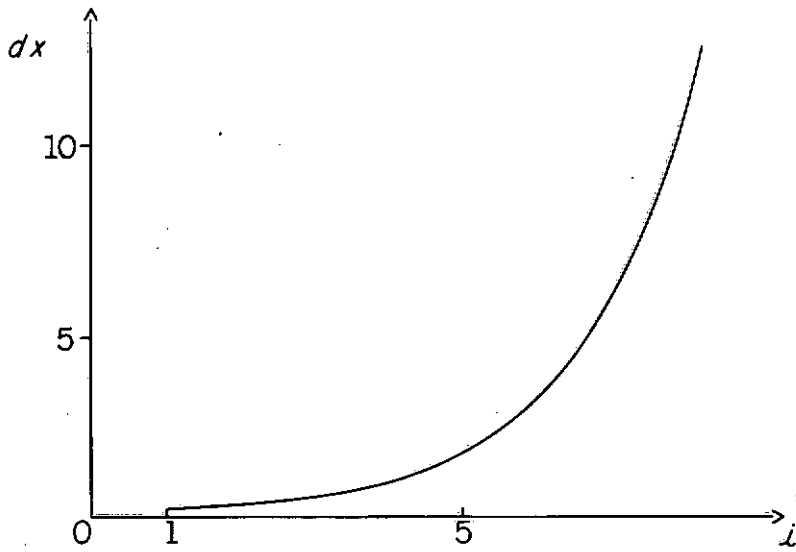


FIG. 24 - CURVA DE VARIAÇÃO DO ACRÉSCIMO

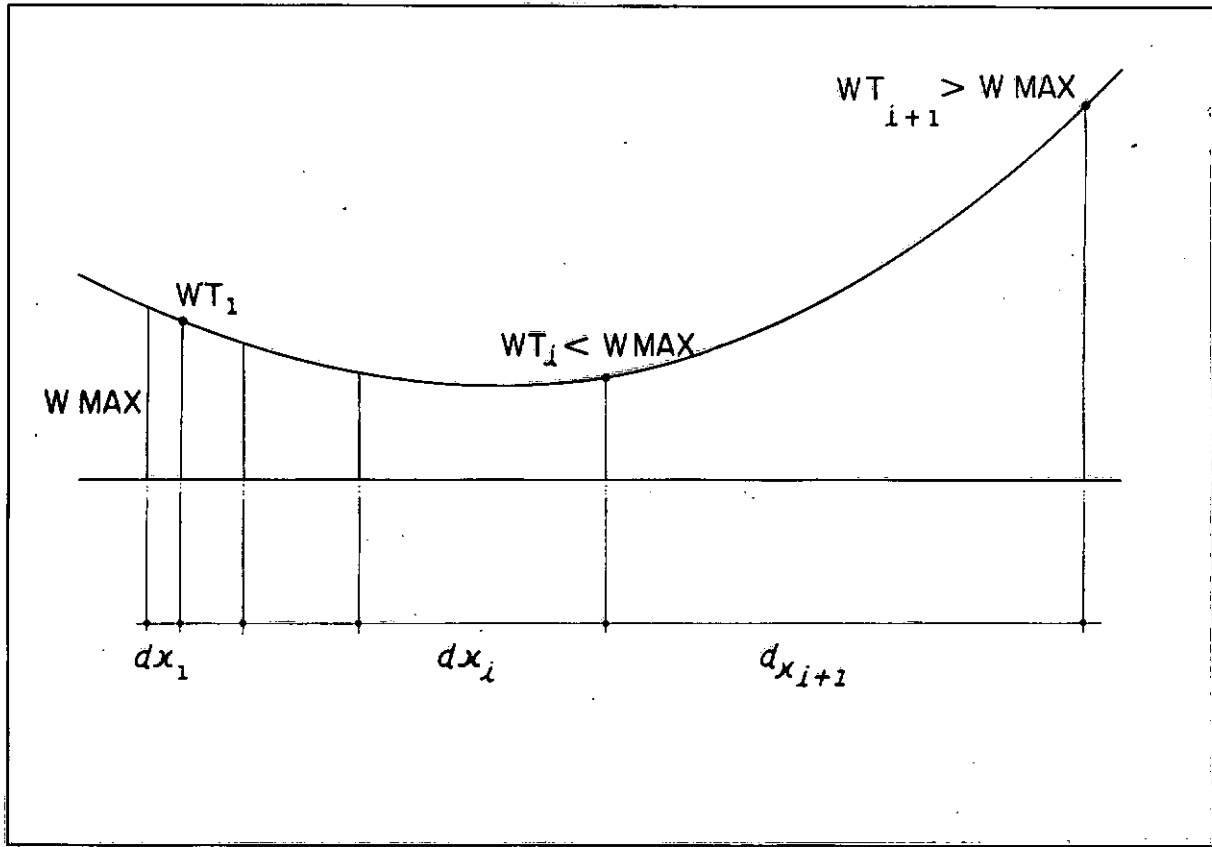


FIG. 25 - EXAME SEQUENCIAL DOS PONTOS TENTATIVAS

da que cresce o valor de i .

As alterações feitas nas coordenadas do ponto tentativa caracterizam o Método de Procura Direta e a eficiência da técnica está vinculada a esta estratégia.

Durante cada passo da iteração, em um determinado sentido de procura, é realizado um exame seqüencial de pontos tentativas. A ordenada WT da superfície de influência do ponto tentativa é comparada com a ordenada $WMAX$ do ponto inicial. Se a ordenada WT for menor do que a ordenada $WMAX$, o passo de iteração é aumentado. Em caso contrário, isto é, quando a ordenada WT for maior do que a ordenada $WMAX$, tomamos o ponto tentativa como um novo ponto inicial e retornamos ao início do processo para a diminuição do passo de iteração.

Deste modo, poderemos ter as seguintes situações:

Se $WT < WMAX$ então:

$$XT = XT \text{ (anterior)} + dx$$

$$YT = YT \text{ (anterior)} + dy$$

Se $WT > WMAX$ então:

$$WMAX = WT$$

A iteração, em um sentido de procura, só irá terminar quando as coordenadas do ponto tentativa não satisfizerem às restrições impostas às coordenadas da roda $R1$ do veículo. Este procedimento é seguido, para evitar que o máximo global seja confundido com o máximo local.

A partir do ponto de ordenada $WLOC$, são feitas

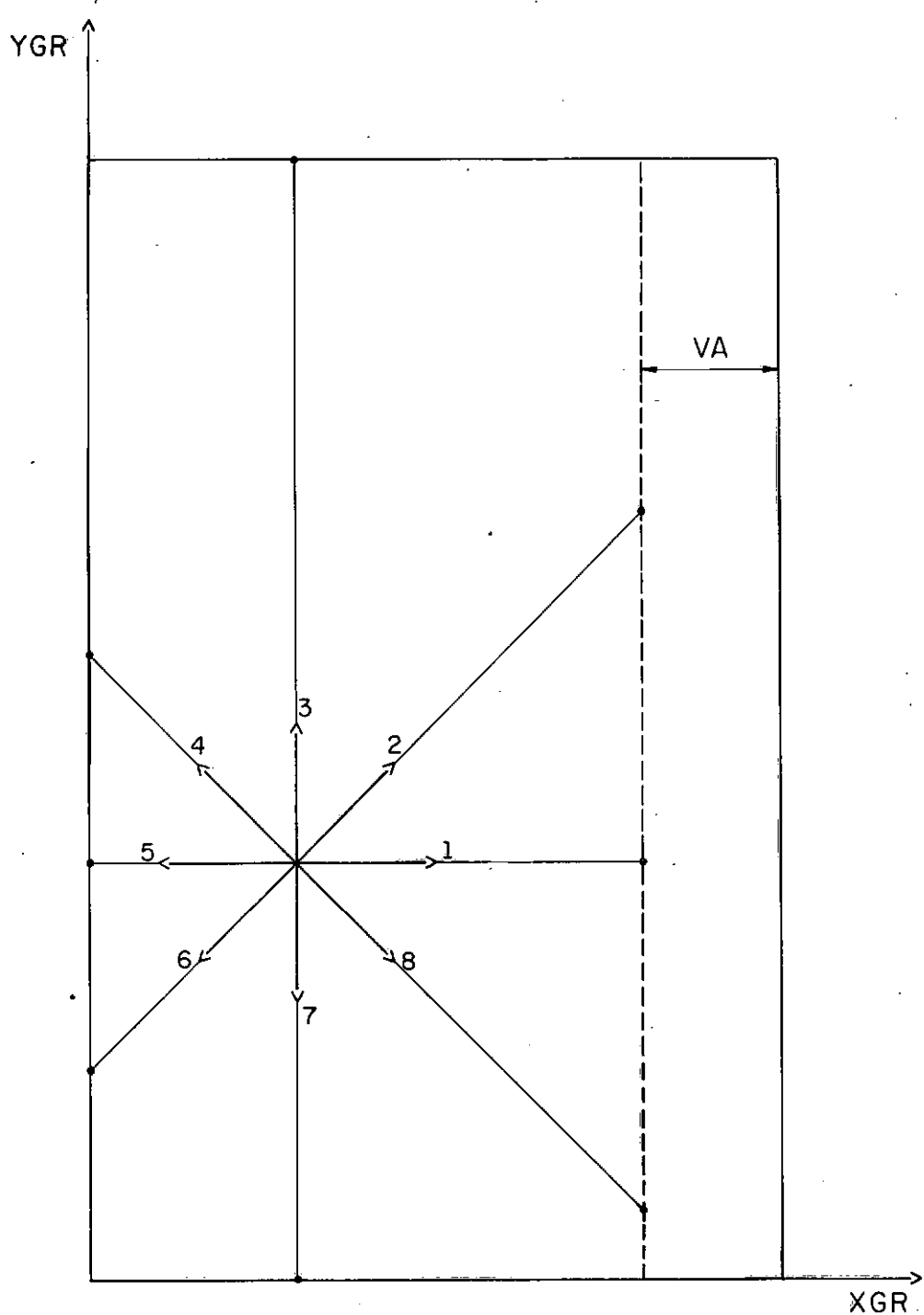


FIG. 26 - LIMITAÇÕES DOS SENTIDOS DE PROCURA

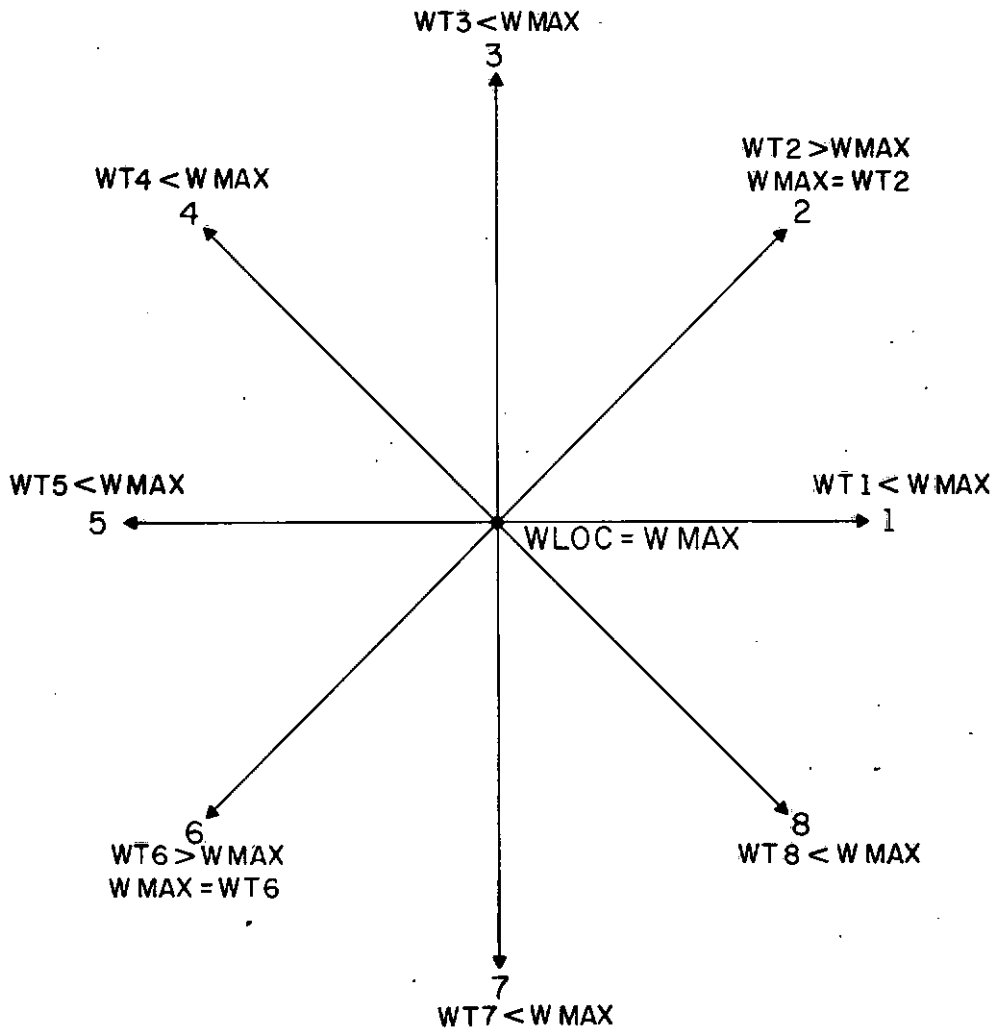


FIG. 27 - ESCOLHA DO PONTO DE ORDENADA MÁXIMA

as pesquisas nos oito sentidos de procura para a obtenção da ordenada WMAX. As etapas deste procedimento estão ilustradas na figura 27. Neste exemplo, podemos constatar que a ordenada WMAX será o ponto tentativa correspondente ao sentido seis de procura.

Após a obtenção da ordenada máxima WMAX, é feita uma comparação entre essa ordenada e a ordenada WLOC.

Se a ordenada WMAX for maior do que a ordenada WLOC, redefinimos o ponto inicial da roda R1 e reiniciamos o processo a partir deste ponto. Em caso contrário, isto é, se a ordenada WMAX for menor ou igual a ordenada WLOC, o ponto máximo global corresponderá à ordenada WLOC.

Portanto poderemos ter os dois casos:

$WMAX > WLOC \longrightarrow$ reinício do processo

$WMAX \leq WLOC \longrightarrow$ WLOC é o máximo global.

Por intermédio deste planejamento, pode-se garantir uma maior segurança ao método e um tempo satisfatório de execução do programa para o computador.

4ª etapa - Determinação da função objetiva local

O veículo será colocado em várias posições, em torno da ordenada máxima global, e a função objetiva é calculada para cada uma dessas posições.

Inicialmente a função objetiva é determinada com a roda R1 do veículo colocada sobre o ponto máximo global, obtido na 3ª etapa.

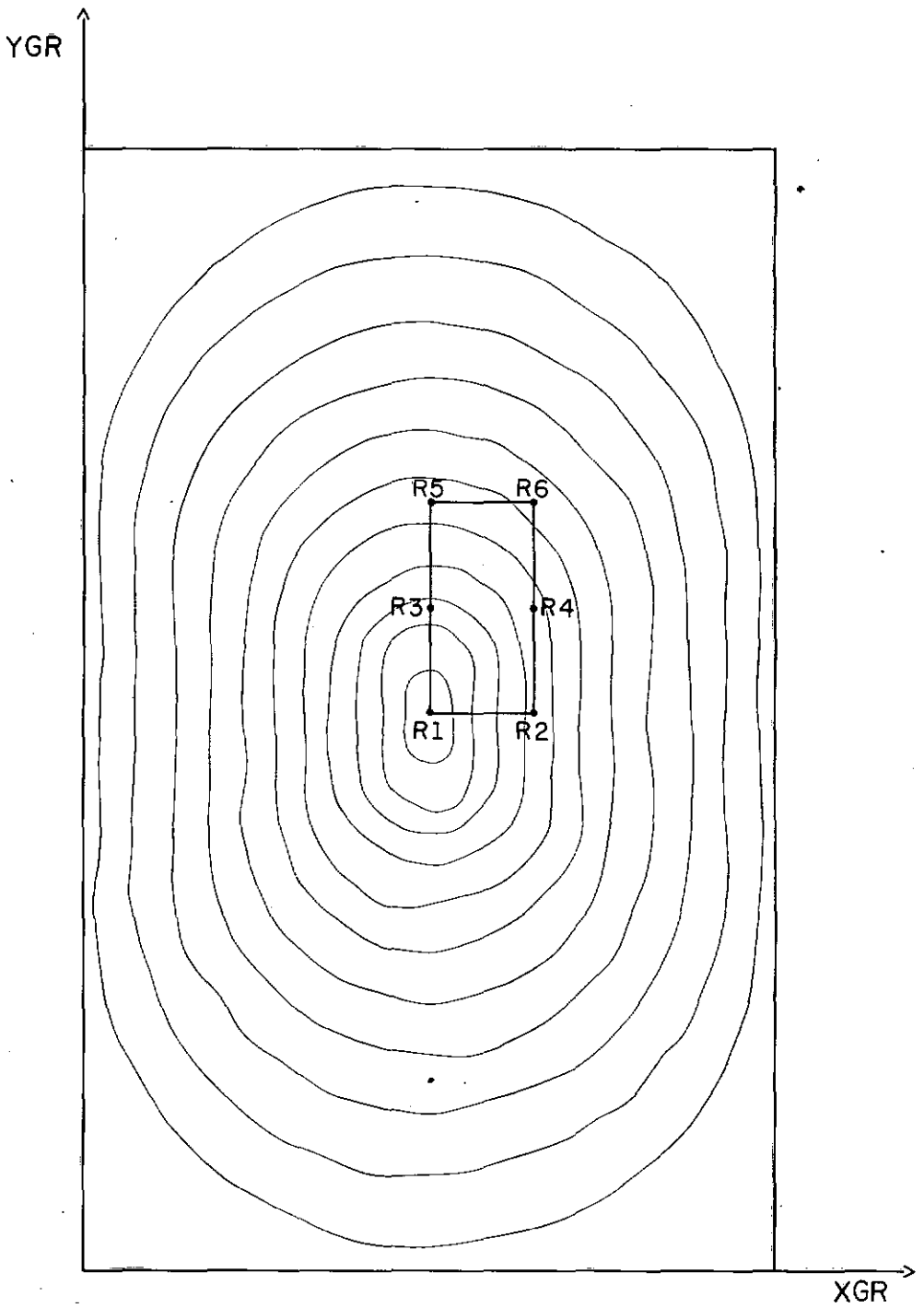


FIG. 28 - VEÍCULO COM A RODA R1 NO MÁXIMO GLOBAL

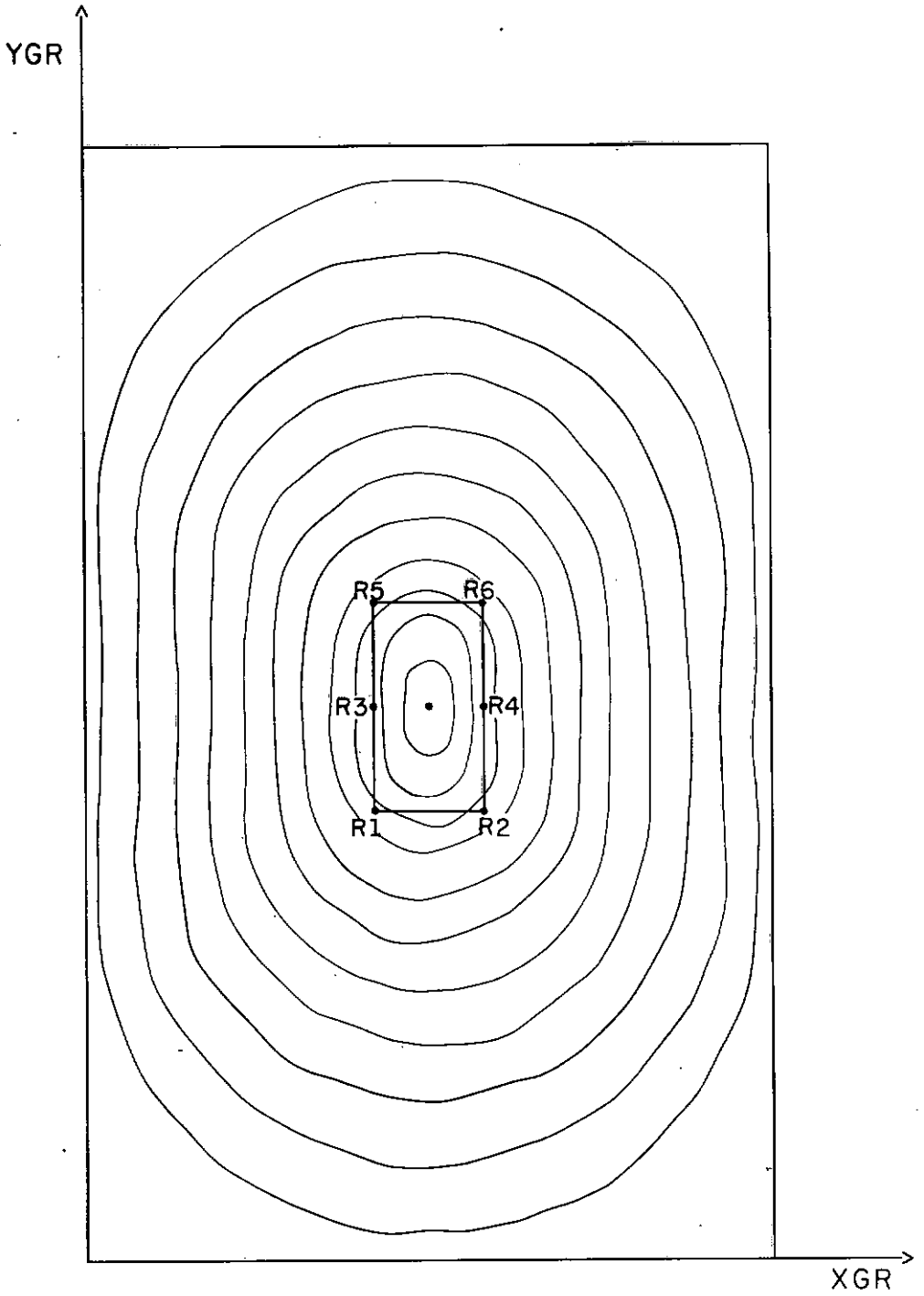


FIG. 29 - VEÍCULO CENTRADO NO MÁXIMO GLOBAL

Posteriormente, a função objetiva é calculada para posições tais que as rodas R2 a R6 fiquem sobre este mesmo ponto. De maneira análoga, o veículo também é posicionado de tal forma que o ponto máximo fique entre as rodas R1 e R2, R3 e R4, R5 e R6.

A função objetiva local será a maior das funções objetivas entre as funções calculadas para as diversas posições do veículo.

5ª etapa - Verificação da função objetiva máxima

Nesta etapa é feita uma comparação entre o valor da função objetiva local FLOC, obtido na etapa anterior, e o valor da função objetiva auxiliar FAUX, calculado na 2ª etapa.

Se a função FLOC for maior do que a função auxiliar FAUX, então a roda R1 do veículo será colocada sobre o ponto correspondente à função FLOC e todo o processo de procura é reiniciado. Em caso contrário, isto é, se a função FLOC for menor do que a função FAUX, então a função objetiva máxima FMAX será igual a esta função FAUX:

$FLOC > FAUX \longrightarrow$ reinício do processo

$FLOC \leq FAUX \longrightarrow FMAX = FAUX$

O Método de Procura Direta FOMAX, caracterizado por estas etapas, estabelece portanto a função objetiva máxima. Este processo será utilizado no programa GRELHA, descrito no capítulo VII, para a determinação dos momentos fletores máximos devido às cargas do veículo.

No método apresentado por AYER e CORNELL¹⁴, a pes

quiza somente é realizada em quatro sentidos de procura. Além disso a análise, em cada sentido, termina quando se atinge um valor máximo e não quando se atinge as restrições impostas para a roda R1. Desta maneira, pode-se obter facilmente um ponto de máximo local em vez de um máximo global. A outra desvantagem do método de AYER, é que a função objetiva máxima não é verificada em torno do ponto máximo global, prejudicando assim a precisão dos resultados.

6.3 - Esforços Devido às Cargas de Multidão

Estes esforços são determinados pelo produto da intensidade da carga de multidão pelo volume de influência correspondente.

Após a fixação da posição mais desfavorável do veículo, as cargas de multidão são aplicadas dentro e fora da faixa deste veículo. Os esforços provenientes destas cargas serão:

$$EF = \underline{PF} \times (V1 + V2)$$

$$EM = \underline{PM} \times (V3 + V4)$$

EF, EM - esforços dentro e fora da faixa do veículo

PF, PM - cargas de multidão dentro e fora da faixa do veículo

V1, V2 - volumes de influência na faixa do veículo, respectivamente, à frente e atrás do mesmo

V3, V4 - volumes de influência fora da faixa do veículo, situados à esquerda e à direita desta faixa.

6.4 - Momentos Fletores Maximos

Os momentos fletores maximos, positivos e negativos, devido às cargas moveis são determinados pela soma da função objetiva maxima com os esforços devido às cargas de multidão, sendo que cada termo deve ser multiplicado pelo coeficiente de segurança correspondente:

$$E(+) = G_o \times FMAX(+) + G_F \times EF(+) + G_M \times EM(+)$$

$$E(-) = G_o \times FMAX(-) + G_F \times EF(-) + G_M \times EM(-)$$

Os momentos fletores maximos totais, positivos e negativos, serão dados pela soma dos momentos maximos devido às cargas moveis com os momentos devido às cargas permanentes:

$$M(+) = E(+) + G_p \times MP$$

$$M(-) = E(-) + G_p \times MP$$

G_p - coeficiente de segurança para cargas permanentes

MP - momentos fletor devido às cargas permanentes.

6.5 - Esforços Cortantes Maximos

Levando-se em conta que a descontinuidade das superfícies de influência de esforço cortante não  localizada em um ponto, mas se propaga ao longo de quase toda a estrutura, a caracterização matemática dessa superfície se torna bastante complexa. Para uma correta definição do problema, seria necessário considerar, em várias seções no interior da grelha, pelo menos duas ordenadas da superfície. Além disso,

a descontinuidade poderia facilmente conduzir a valores irreais e incompatíveis durante o processo iterativo. Por outro lado, o tempo de computação seria enormemente aumentado, tornando impraticável a utilização do Método de Procura Direta.

Para contornar essa dificuldade, os esforços constantes máximos poderão ser determinados a partir dos coeficientes de distribuição transversal, fornecidos pelo programa GRELHA (capítulo VII). Tais valores foram obtidos pelas ordenadas da superfície de influência, segundo a definição clássica de coeficientes de distribuição transversal.

Conforme os métodos tradicionais, as cargas móveis são posicionadas na linha de distribuição transversal, nas posições mais desfavoráveis. O trem-tipo positivo e negativo, para cada longarina, é obtido pela multiplicação das cargas móveis pelas ordenadas ou pelas áreas correspondentes na referida linha:

$$T = P_1 (W_1 + W_2)$$

$$c_1 = q_1 \times A_1$$

$$c_2 = q_2 \times A_2$$

P_1 - carga concentrada do veículo

q_1, q_2 - cargas distribuídas de multidão

W_1, W_2 - ordenadas da linha de distribuição

A_1, A_2 - áreas na linha de distribuição

T - carga concentrada do trem-tipo

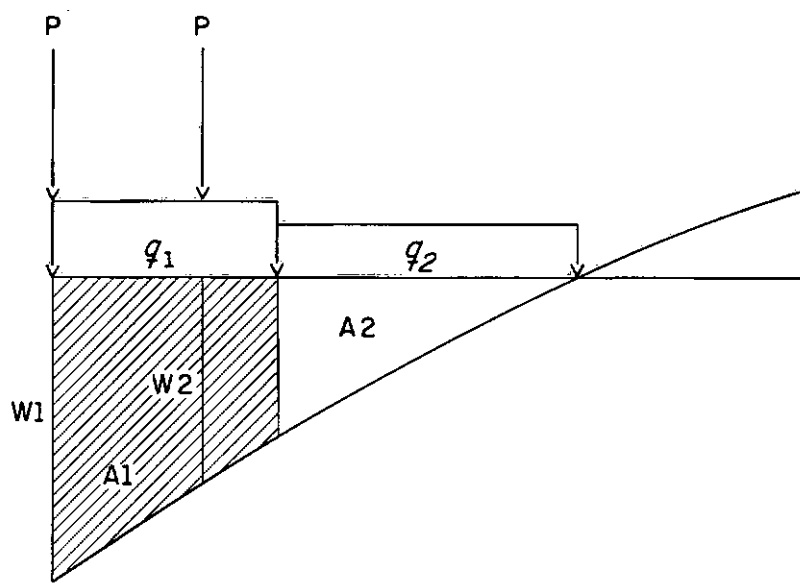


FIG. 30 - CARGAS MÔVEIS POSICIONADAS NA LINHA DE DISTRIBUIÇÃO

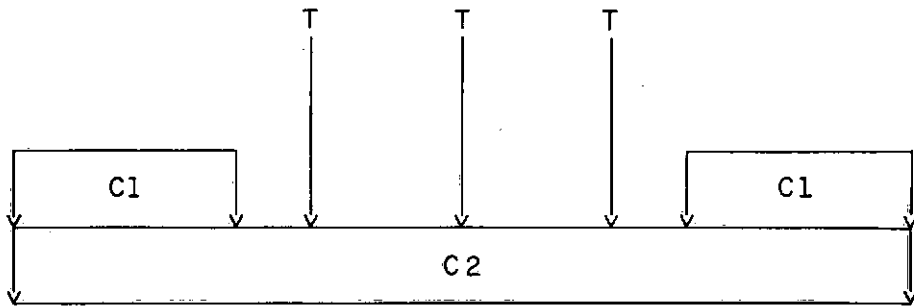


FIG. 31 - TREM-TIPO CALCULADO

c_1, c_2 - cargas distribuídas do trem-tipo

Em seguida, o trem-tipo anteriormente obtido é colocado na linha de influência de esforço cortante da seção em estudo, na posição mais desfavorável.

O esforço cortante máximo positivo será determinado pela multiplicação das cargas do trem-tipo, pelas ordenadas ou pelas áreas correspondentes na linha de influência:

$$EQ(+) = T(W3 + W4 + W5) + c_2(A3 + A4) + c_1 \times A4$$

Do mesmo modo, o esforço cortante máximo negativo poderá ser obtido com a aplicação das cargas móveis, sobre as partes negativas das linhas de distribuição transversal e das linhas de influência.

Os esforços cortantes máximos totais, positivos e negativos, serão dados pela soma dos cortantes máximos devido às cargas móveis com os cortantes devido às cargas permanentes:

$$Q(+) = EQ(+) + G_p \times QP$$

$$Q(-) = EQ(-) + G_p \times QP$$

QP - esforço cortante devido às cargas permanentes.

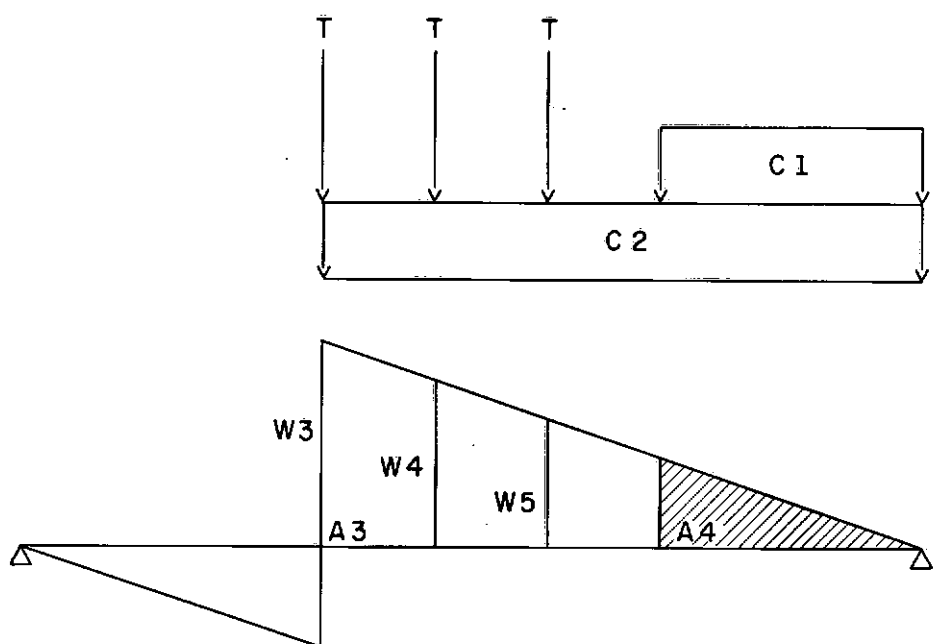


FIG. 32 - TREM-TIPO POSICIONADO NA LINHA DE INFLUÊNCIA

CAPÍTULO VII

PROGRAMA GRELHA

7.1 - Finalidades do Programa GRELHA

O programa GRELHA, elaborado em linguagem FORTRAN, tem por objetivo a determinação de momentos fletores máximos em pontes rodoviárias tipo grelha. Além disso, são fornecidos os coeficientes de distribuição transversal, que poderão ser utilizados no cálculo dos esforços cortantes máximos.

A estrutura em grelha pode ser reta, esconsa, simplesmente apoiada ou contínua. As vigas podem ter momentos de inércia diferentes, desde que possuam a mesma seção transversal em cada membro. Para satisfazer certas hipóteses estudadas, a numeração dos pontos nodais deve obedecer às exigências do manual de entrada do programa, enquanto que as longarinas e transversinas devem estar sempre paralelas entre si, igualmente espaçadas ou não.

Na parte inicial do programa, são feitas as leituras dos dados característicos da estrutura e a montagem da matriz de rigidez global. A banda superior dessa matriz é armazenada sob forma de matriz retangular, para a resolução do sistema de equações de equilíbrio. Os esforços devido às cargas permanentes são calculados para que se possa levar em conta nesta análise o peso próprio da estrutura e outras cargas adicionais.

A função de interpolação, para a determinação das ordenadas da superfície de influência no interior da grelha, é definida a partir das derivadas parciais e das ordenadas da superfície nos pontos nodais.

Os momentos fletores máximos, devido às cargas móveis, são calculados pelo Método de Procura Direta FOMAX, descrito no capítulo VI.

O programa imprime para cada seção estudada, além dos coeficientes de distribuição transversal, os momentos fletores máximos totais devido às cargas móveis e permanentes. Para uma melhor visualização dos resultados, também são fornecidas as coordenadas da roda R1 do veículo na posição mais desfavorável. Quando a ponte for esconsa, essas coordenadas são dadas em relação aos eixos da grelha.

Para a elaboração do programa GRELHA, foi utilizado o computador BURROUGHS, modelo B6700, do Núcleo de Computação Eletrônica da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

7.2 - Entrada de Dados do Programa

19) Cartão comentário (coluna 2 a 70)

29) Parâmetros e módulos de elasticidade

M, NJ, NR, NRJ, E, G-

formato (4I10, 2F10.0)

39) Coordenadas dos nós

J, X(J), Y(J)

formato (I10, 2F10.0)

número de cartões = NJ

Os nós devem ser sempre numerados no sentido positivo do eixo X, da esquerda para a direita, ao longo de cada transversina, de tal modo que o número do nó final seja sempre maior do que o número do nó inicial (ver exemplos 1 e 2).

Nos casos em que as transversinas são muito espaçadas entre si, é aconselhável a utilização de nós intermediários nas longarinas para uma melhor precisão dos resultados.

49) Características dos membros

I, JJ(I), JK(I), IX(I), IY(I)

formato (3I10, 2F10.0)

número de cartões = M

59) Restrições dos nós

J, RL(3J-2), RL(3J-1), RL(3J)

formato (4I10)

nº de cartões = nº de nós restringidos

69) Número de nós carregados

NLJ

formato (I10)

Caso não haja nós carregados, colocar um cartão em branco e passar para o 89 cartão

79) Cargas aplicadas nos nós em relação aos eixos globais

De C. B. B. B.

J, MX, MY, PZ

formato (I10, 3F10.0)

nº de cartões = NLJ

89) Carregamento nas barras em relação aos eixos locais do membro

I, ICAR, PZ, D1

formato (2I10, 2F10.0)

nº de cartões = nº de membros carregados

Os valores de ICAR são os seguintes:

ICAR = 1 - carga uniformemente distribuída

ICAR = 2 - carga concentrada vertical

Após o último cartão de carregamento, colocar um cartão em branco. Caso não haja carregamento nas barras, colocar um cartão branco.

99) Índice de impressão das ordenadas das superfícies de influência.

ISU

formato (I10)

Quando quisermos imprimir essas ordenadas fazer ISU = 1 e em caso contrário colocar um cartão em branco.

109) Seções para cálculo dos coeficientes de distribuição transversal

JCD, ICD

formato (2I10)

nº de cartões = nº de seções pedidas

Após a última seção colocar um cartão em branco.

119) Característica do veículo

VA, VB1, VB2, DA, DB

formato (5F10.0)

129) Cargas das rodas do veículo

P1, P2, P3, P4, P5, P6

formato (6F10.0)

139) Cargas de multidão

PF, PM

formato (2F10.0)

149) Coeficientes de segurança

GF0, GF, GM, GP

formato (4F10.0)

7.3 - Definição das Variáveis dos Cartões de Dados

M - nº de membros

NJ - nº de nós

NR - nº de restrições de apoio

NRJ - nº de nós com restrições

E,G - módulos de elasticidade do material

J - nº do nó

X(J), Y(J) - coordenadas do nó J

I - nº do membro

JJ(I), JJ(K) - nº do nó inicial e final do membro

IX(I) - momento de torção do membro I

IY(I) - momento de inércia à flexão do membro I

RL(J) - índice de restrição do deslocamento do nó

NLJ - nº de nós carregados

MX, MY, PZ - cargas aplicadas nos nós

ICAR - índice do carregamento

PZ - carga vertical concentrada ou distribuída

D1 - distância da carga ao extremo esquerdo do membro

ISU - índice das ordenadas da superfície de influência

JCD - nó para cálculo dos coeficientes de distribuição

ICD - membro para cálculo dos coeficientes de distribuição

VA - distância entre as rodas do veículo

VB1, VB2 - distância entre os eixos das rodas

DA, DB - dimensões externas do veículo

P1 a P6 - cargas das rodas

PF - carga de multidão na faixa do veículo

PM - carga de multidão fora da faixa do veículo

GF0 - coeficiente de segurança para cargas das rodas

GF, GM - coeficientes de segurança das cargas de multidão

GP - coeficiente de segurança das cargas permanentes.

7.4 - Diagramas de Blocos Simplificados

Os diagramas de blocos, apresentados de uma maneira simplificada, se destinam a visualizar a sequência ló-

gica do programa GRELHA. A significação dos blocos usados pode ser encontrada na referência 20.

PROGRAMA PRINCIPAL GRELHA

INÍCIO

→ Subrotina para leitura e impressão das características da estrutura

CALL DADOS

— Subrotina para montagem da matriz de rigidez da estrutura

CALL MONTA

— Subrotina para decomposição da semi-banda superior da matriz de rigidez, armazenada como matriz retangular, em matriz triangular superior

CALL DECOM

— Subrotina para cálculo dos esforços devido às cargas permanentes

CALL PERMA

- Subrotina para determinação das ordenadas da superfície de influência nos pontos nodais da estrutura

CALL SUPER

- Leitura e impressão das características do veículo

VA, VB1, VB2, DA, DB

- Leitura e impressão das cargas móveis

P1 a P6

PF, PM

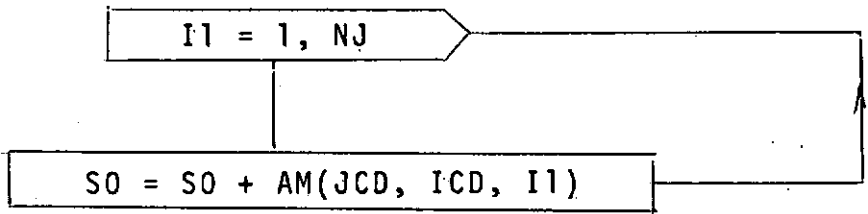
- Leitura e impressão dos coeficientes de segurança

GFO, GF, GM, GP

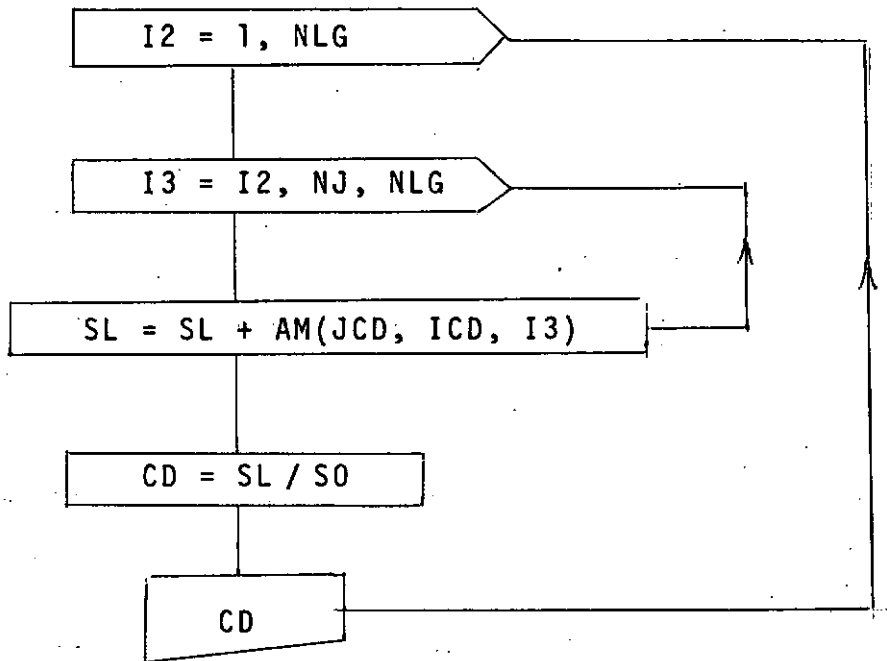
- Leitura dos índices da seção, para o cálculo dos coeficientes de distribuição transversal

JCD, ICD

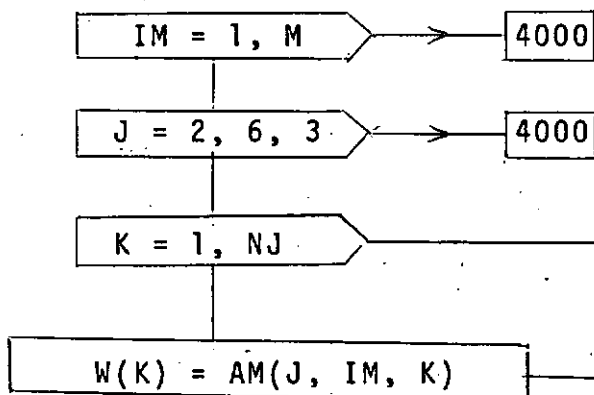
- Soma das ordenadas da superfície de influência



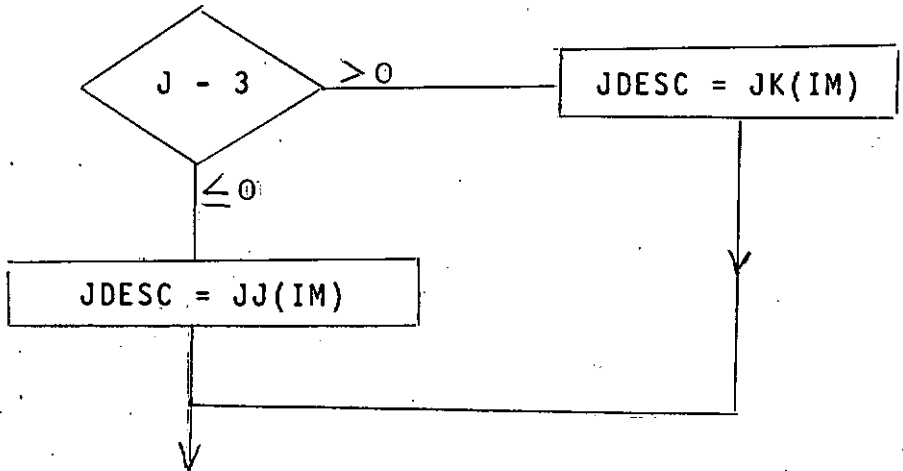
— Coeficientes de distribuição transversal para cada longarina



— Determinação das ordenadas da superfície de influência, na seção (I, JDESC)



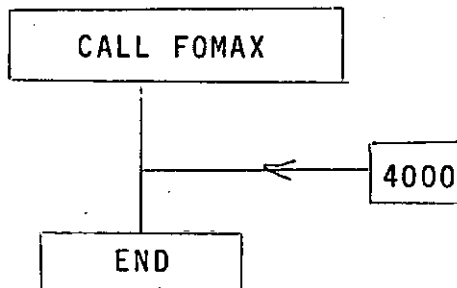
— Determinação do n° de descontinuidade



— Esforço devido à carga permanente na seção considerada

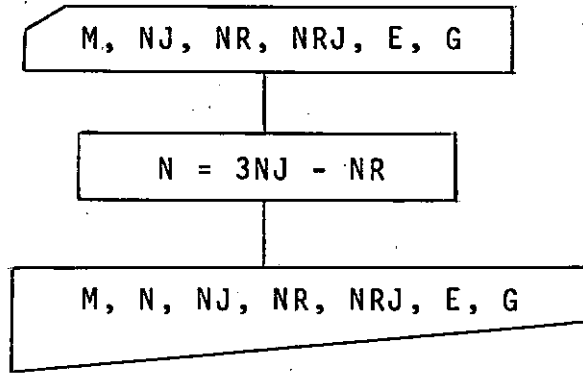


— Subrotina para cálculo dos esforços máximos, positivos e negativos.

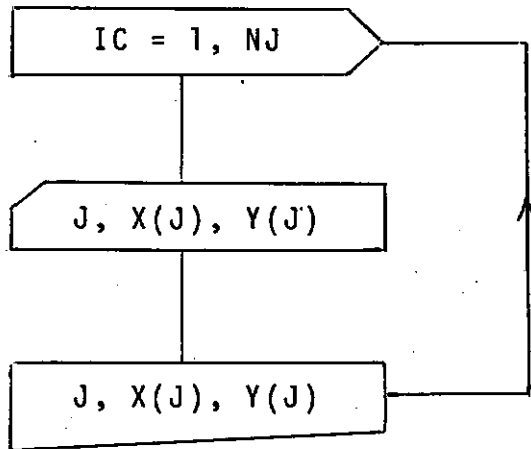


19) SUBROTINA DADOS - leitura e impressão das características da estrutura

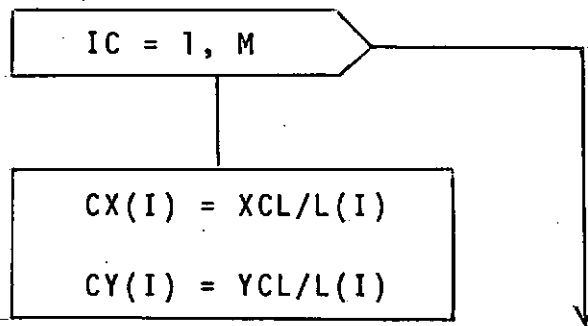
- Leitura e impressão dos parâmetros



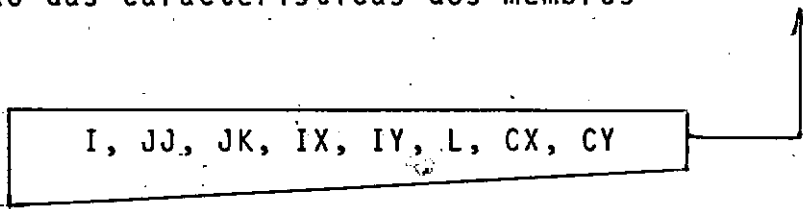
- Leitura e impressão das coordenadas



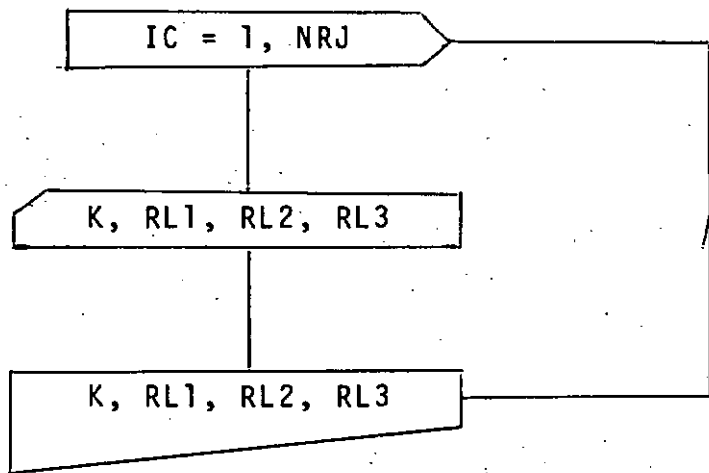
- Co - senos diretores dos membros



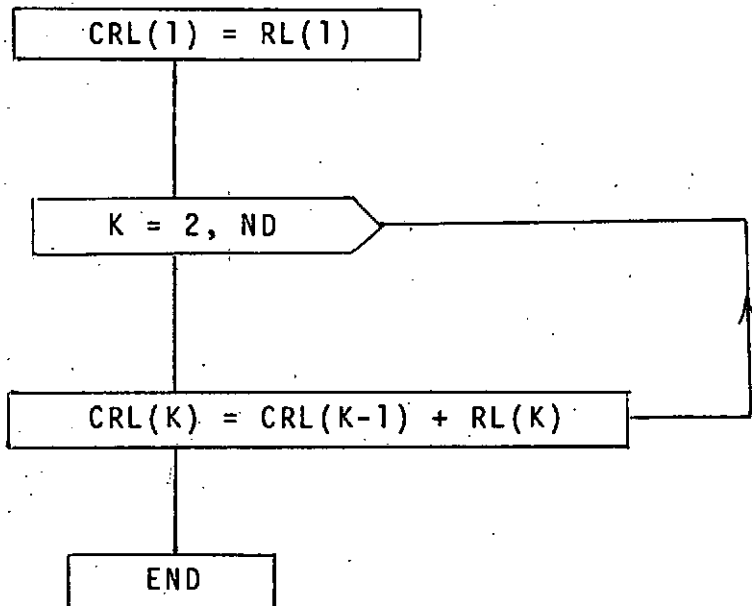
– Impressão das características dos membros



– Leitura e impressão das restrições



– Restrições acumuladas



29) SUBROTINA AUX - geração da matriz auxiliar (SMR) e numeração original dos deslocamentos extremos dos elementos.

☞ Determinação da matriz de rigidez do elemento de grelha no sistema local

$$SM(1,1) = G \cdot IX(I)/L(I)$$

até

$$SM(6,6) = 12 \cdot E \cdot IY(I)/L(I)^3$$

— Geração da matriz auxiliar (SMR)

$$(SMR) = (SM) \cdot (RT)$$

— Numeração original dos deslocamentos

$$J1A = 3JJ(I) - 2$$

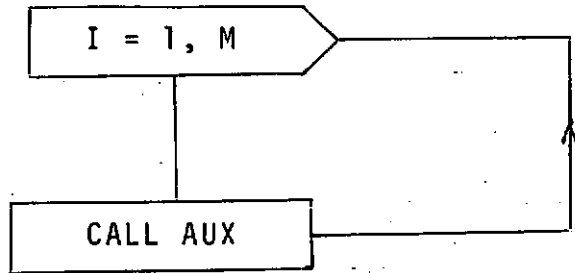
até

$$K3A = 3JK(I)$$

END.

39) SUBROTINA MONTA - montagem da matriz de rigidez da estrutura

— Início da iteração para os elementos



— Geração da matriz (SMD)

$$(SMD) = (RT)^T \cdot (SMR)$$

— Distribuição dos elementos das linhas da matriz (SMD)

(essa distribuição é feita conforme o diagrama de blocos apresentado na referência 17)

40) SUBROTINA DECOM - decomposição da matriz retangular da semi-banda superior da matriz (S) em matriz triangular superior

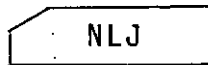
(ver diagrama de blocos nas referências 17 e 22).

59) SUBROTINA RESOL - resolução do sistema de equações partindo da matriz triangular obtida pela subrotina DECOM

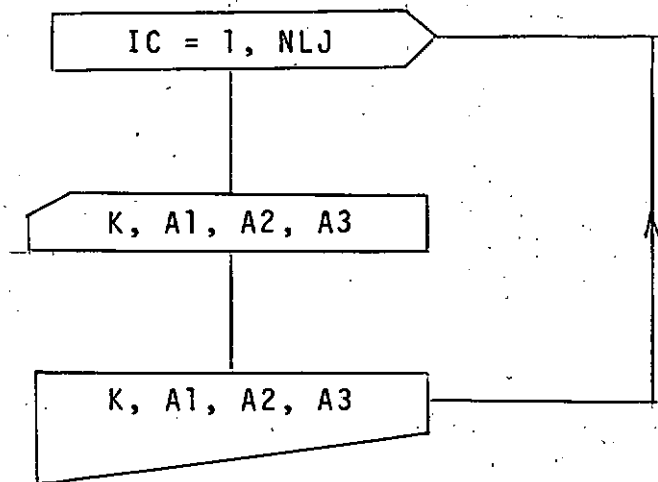
(ver diagrama de blocos nas referências 17 e 22)

60) SUBROTINA PERMA - cálculo dos esforços devido às cargas permanentes.

— Leitura dos nós carregados



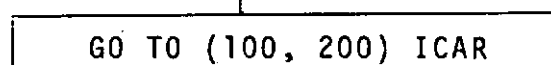
— Leitura e impressão das cargas nos nós



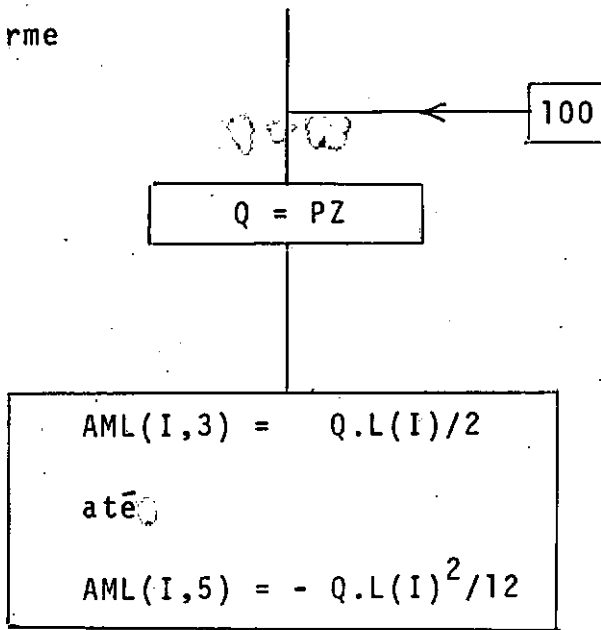
— Leitura dos carregamentos nas barras



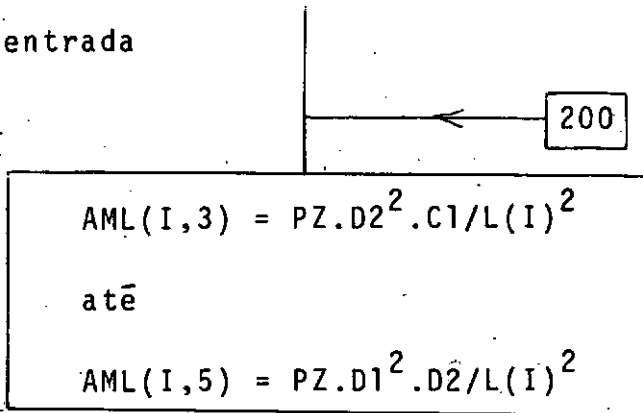
— Esforços de engastamentos



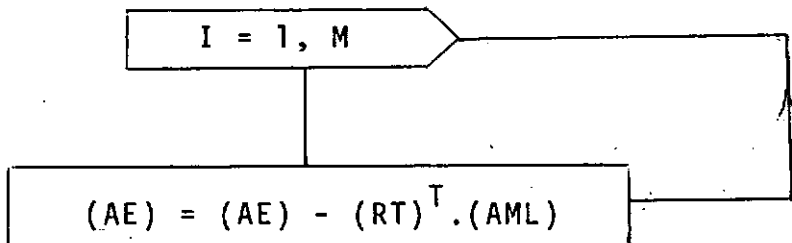
— Carga uniforme



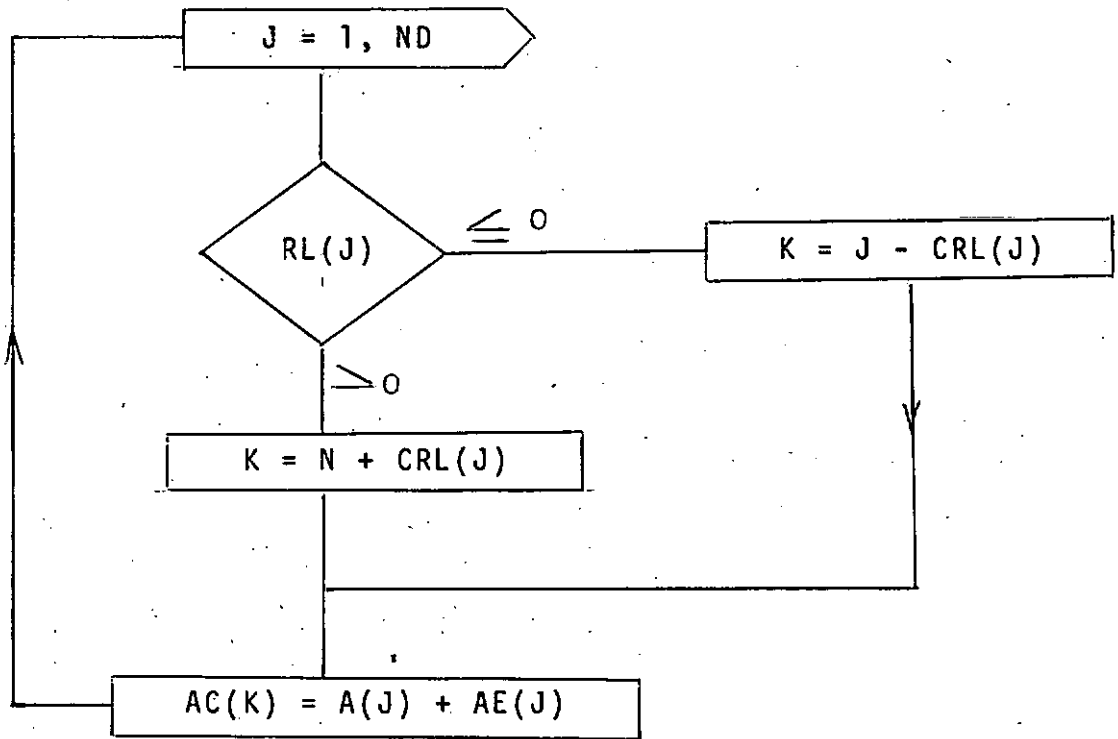
— Carga concentrada



— Cargas equivalentes nos nōs



— Cargas combinadas nos nós com reordenação

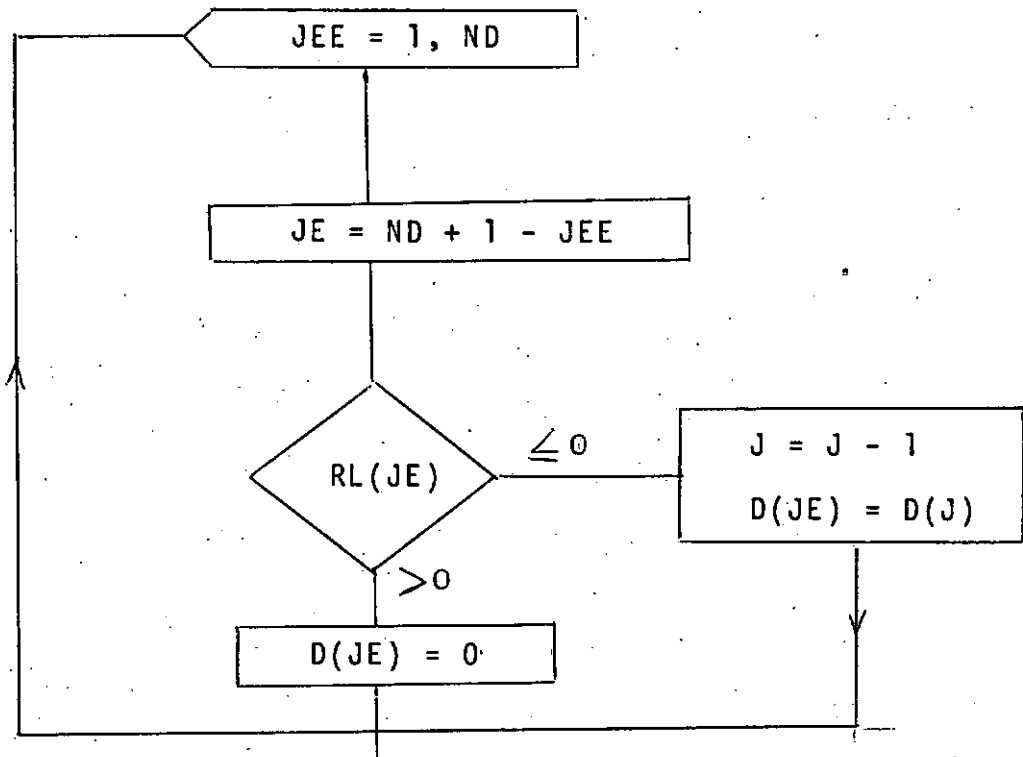


— Resolução do sistema de equações

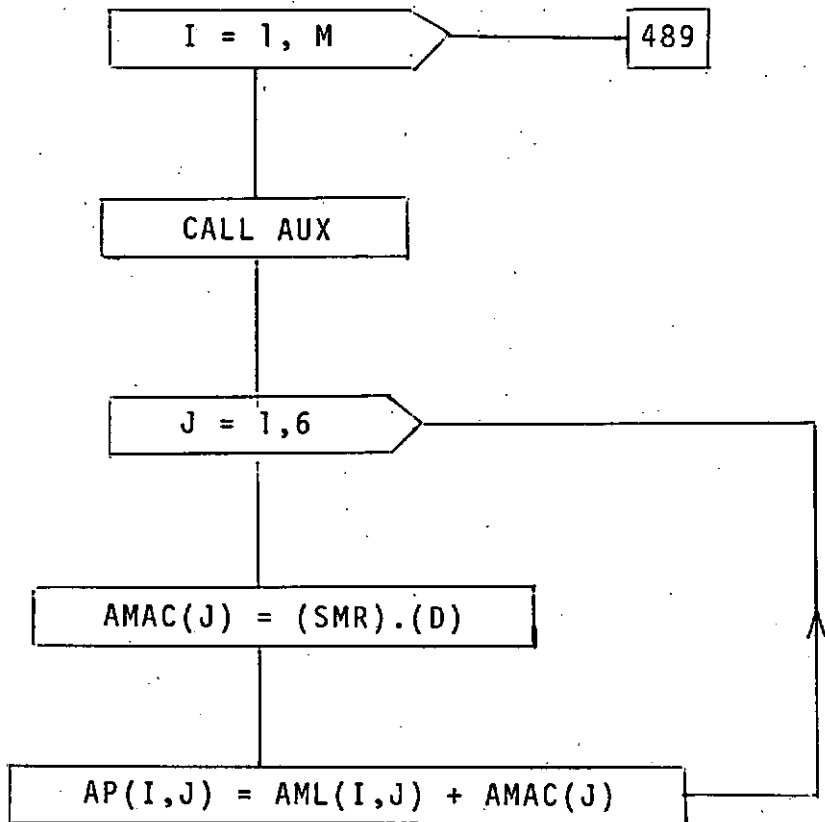
CALL RESOL

— Retorno dos deslocamentos à numeração original

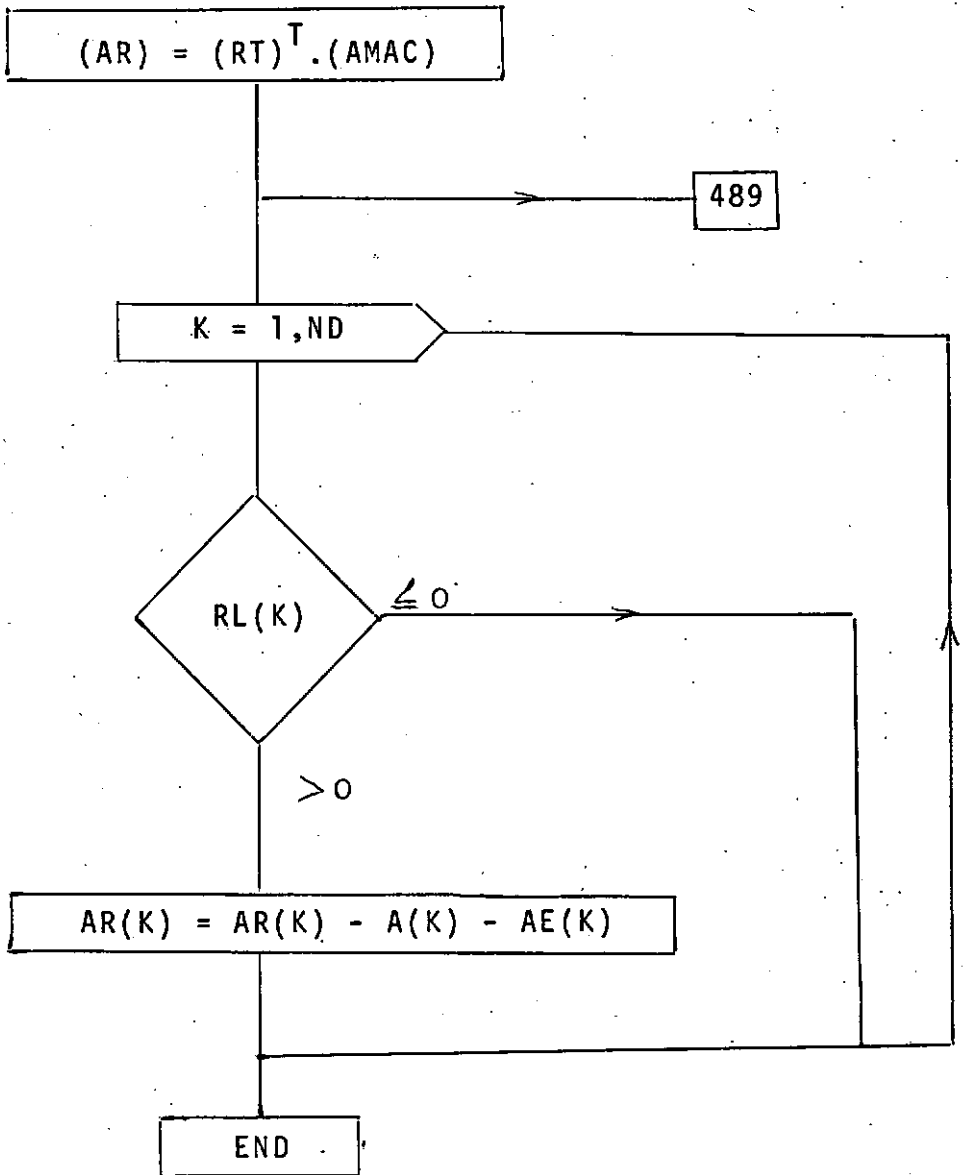
$J = N + 1$



— Ações nos extremos dos elementos



— Cálculo das reações de apoio

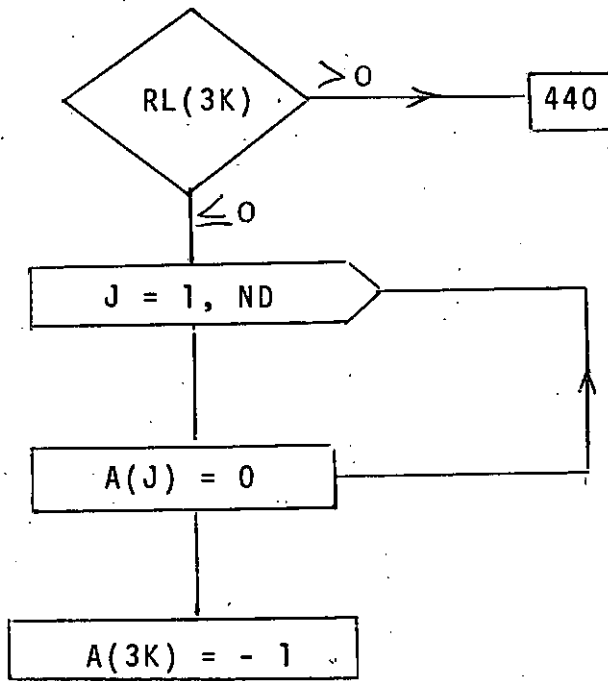


79) SUBROTINA SUPER - determinação das ordenadas da superfície de influência nos pontos nodais da grelha

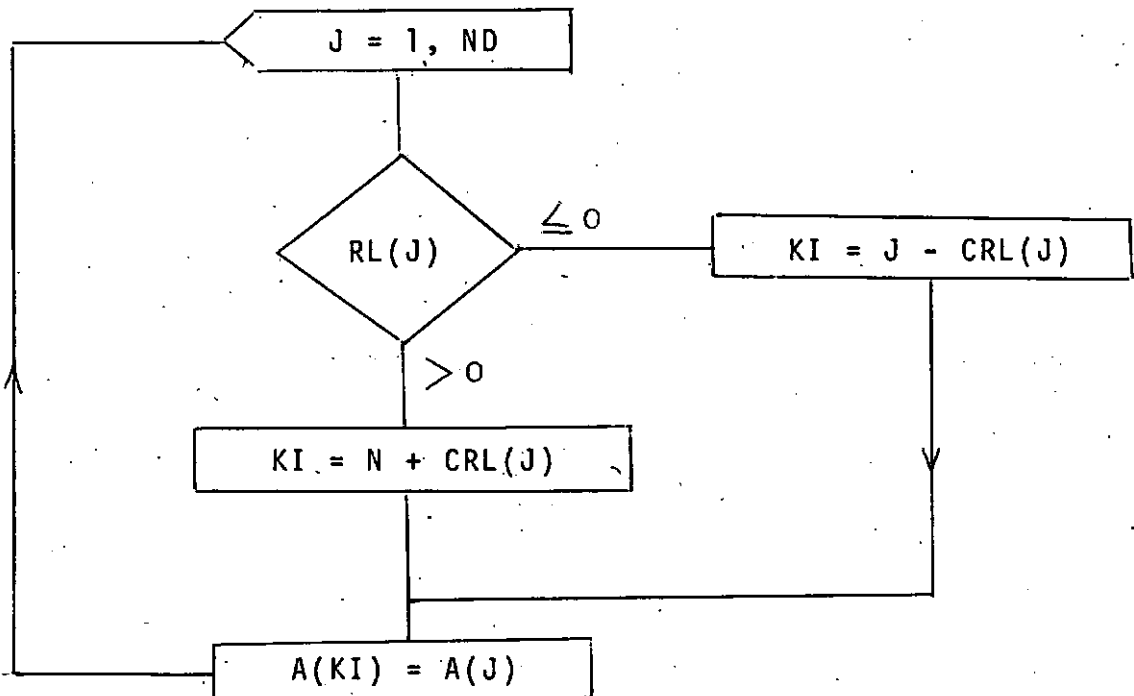
— Início da iteração nos pontos nodais



— Geração da carga unitária



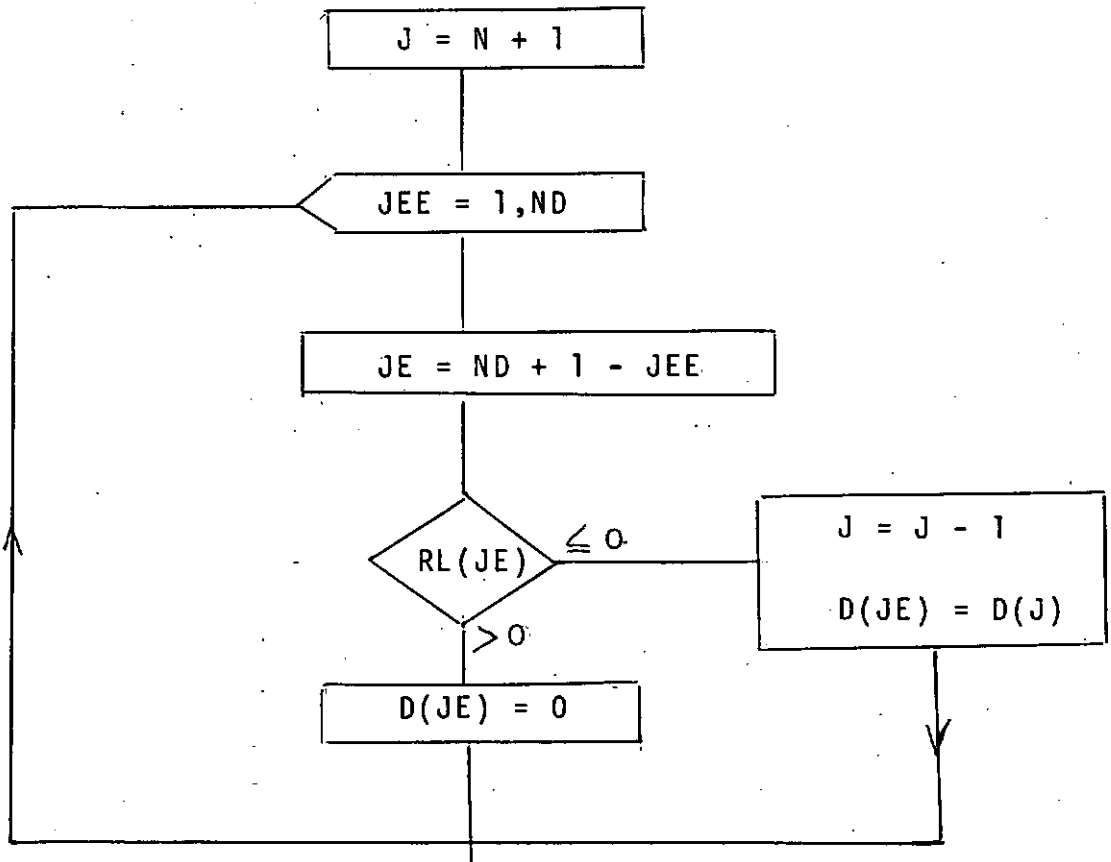
— Reordenação do vetor das ações



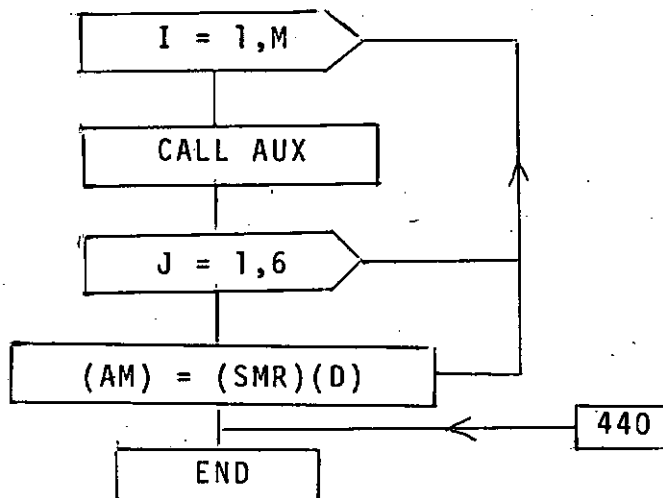
Resolução do sistema de equações

CALL RESOL

Retorno à numeração original dos deslocamentos



Ações nas extremidades dos elementos

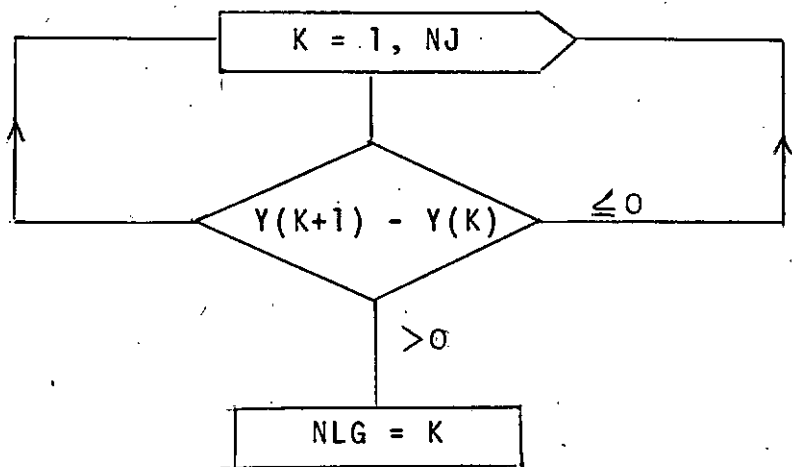


89) SUBROTINA DERIV - cálculo das derivadas parciais nos pontos nodais da superfície de influência

— Definição da função FDW que calcula a derivada de um ponto U passando pelos pontos X0, X1, X2

$FDW(U, X0, X1, X2, F0, F1, F2)$

— Número de longarinas NLG

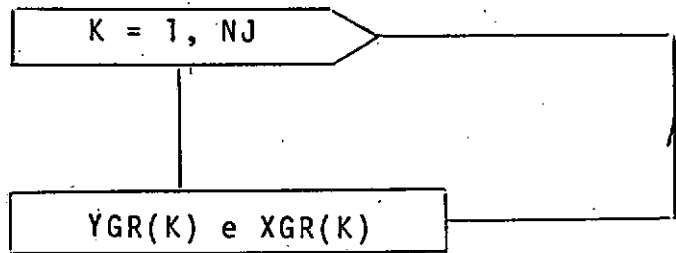


— Seno e co-seno do ângulo da grelha

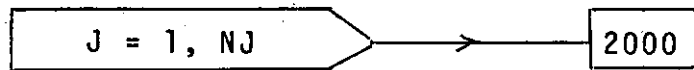
$STETA = (Y(NJ) - Y(NLG)) / DI$

$CTETA = (X(NJ) - X(NLG)) / DI$

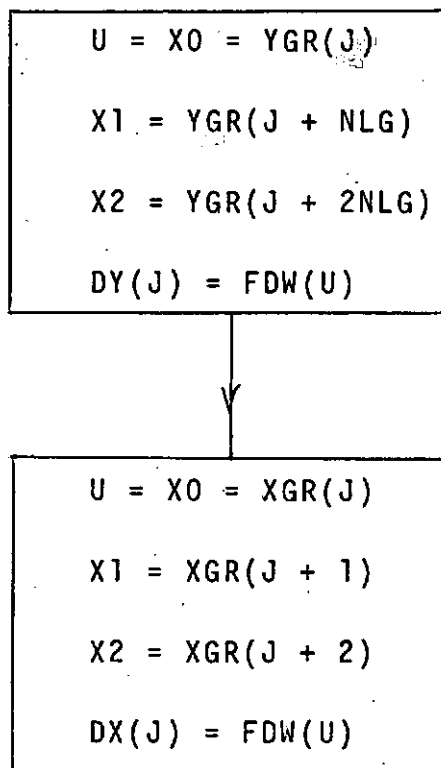
— Mudança de coordenadas



— Início da iteração



— Não J nos cantos da grelha



Nó J no interior da grelha

$$U = X1 = YGR(J)$$

$$X0 = YGR(J - NLG)$$

$$X2 = YGR(J + NLG)$$

$$DY(J) = FDW(U)$$

$$U = X1 = XGR(J)$$

$$X0 = XGR(J - 1)$$

$$X2 = XGR(J + 1)$$

$$DX(J) = FDW(U)$$

Nó J no bordo da grelha

$$U = X0 = XGR(J)$$

$$X1 = XGR(J + 1)$$

$$X2 = XGR(J + 2)$$

$$DX(J) = FDW(U)$$

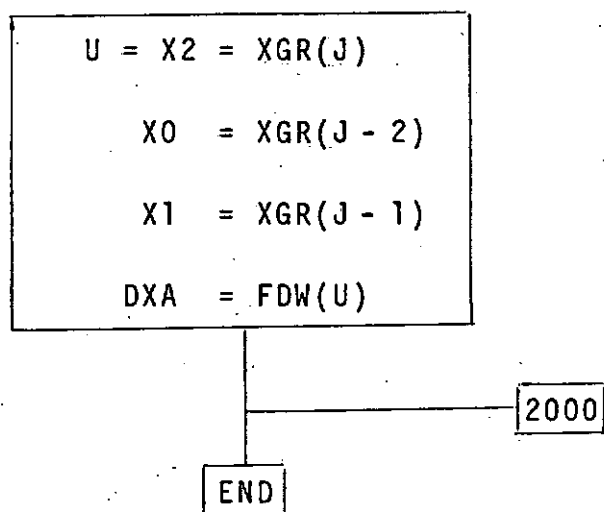
— Nó J de descontinuidade

$$U = X0 = XGR(J)$$

$$X1 = XGR(J + 1)$$

$$X2 = XGR(J + 2)$$

$$DXD = FDW(U)$$



99) SUBROTINA INTER - cálculo das ordenadas da superfície de influência no interior da grelha através de uma função de interpolação.

— Definição das funções auxiliares

$$\text{PSI}(Z) = Z \cdot (1 - Z)^2$$

$$\text{FI}(Z) = (3 - 2Z)Z^2$$

— Coordenadas relativas do ponto P

$$\text{CSI} = (\text{XGRP} - \text{XGR}(K)) / A$$

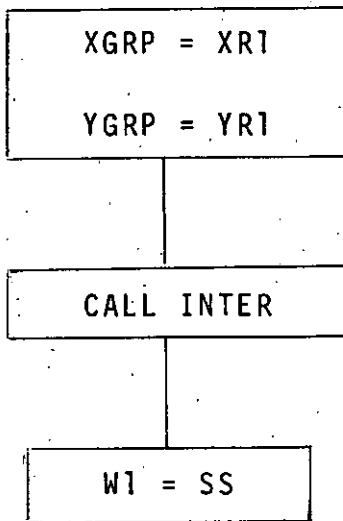
$$\text{ETA} = (\text{YGRP} - \text{YGR}(K)) / B$$

– Definição da função de interpolação SS

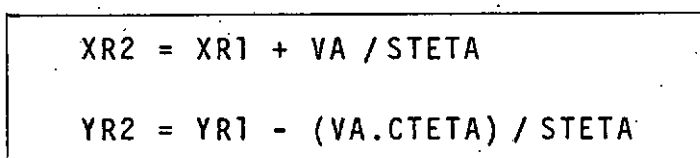
(ver fórmula do item 4.2)

109) SUBROTINA OBJET - cálculo da função objetiva em relação às coordenadas da roda R1 do veículo.

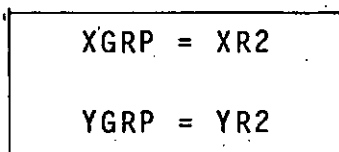
– Ordenada da superfície de influência da roda R1

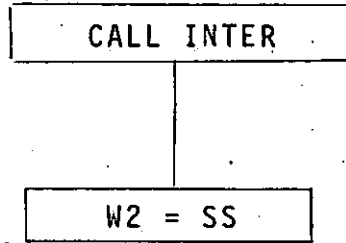


– Coordenadas da roda R2



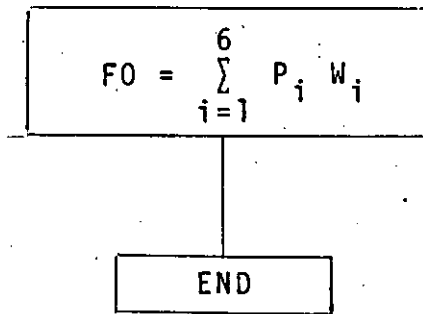
– Ordenada da superfície de influência da roda R2





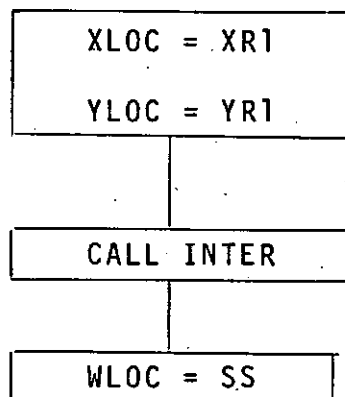
De maneira análoga, são calculadas as outras ordenadas das rodas R3 a R6

— Função Objetiva

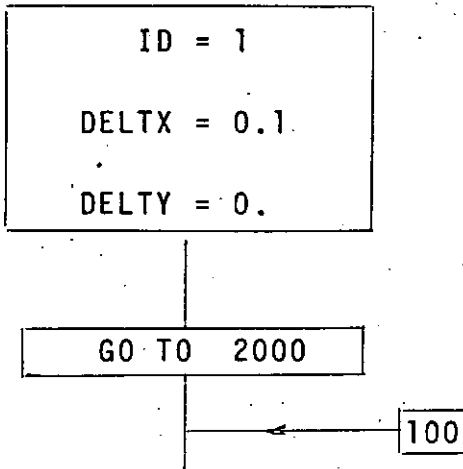


119) SUBROTINA SMAX - determinação da ordenada máxima global da superfície de influência.

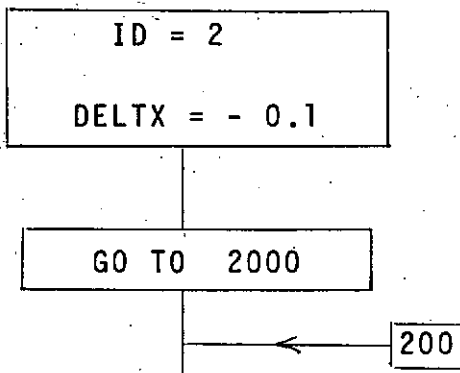
Definição do ponto máximo local provisório



— Incremento da variável XT, sentido positivo

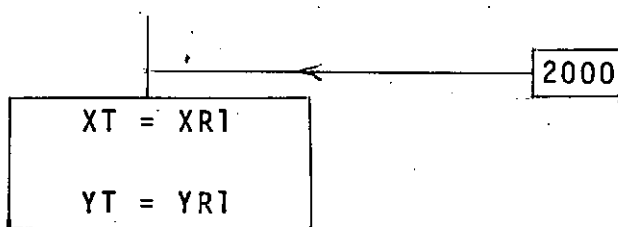


— Incremento da variável XT, sentido negativo

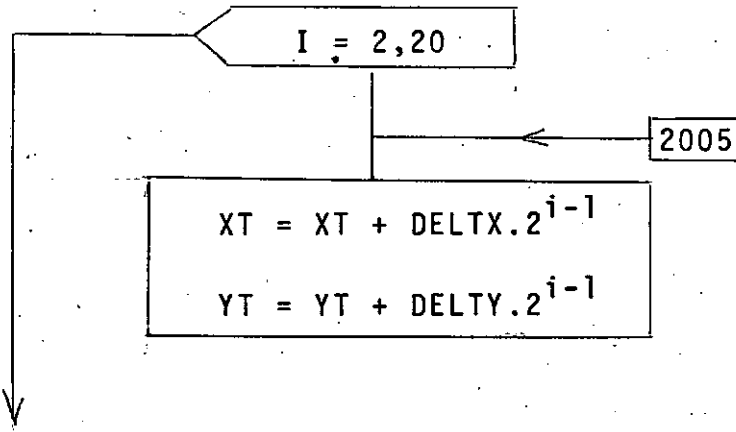


De maneira análoga, são feitos os incrementos correspondente aos 8 sentidos de procura

— Definição do ponto inicial da iteração



– Início da iteração da procura

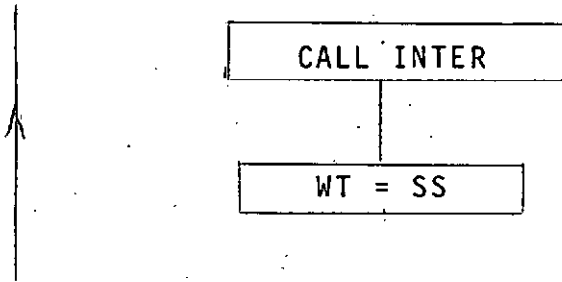


– Verificação das restrições das variáveis XT e YT

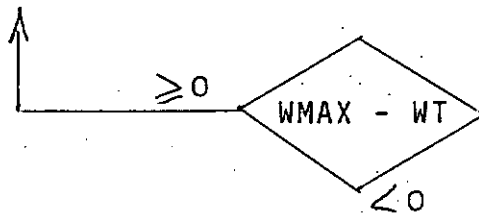
Caso haja restrições (item 5.3), ir para o número

2500 .

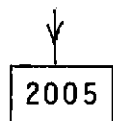
– Ordenada da superfície de influência correspondente ao ponto (XT, YT)



– Verificação do valor máximo local



– Retorno ao início do processo para a diminuição do passo de iteração



2500

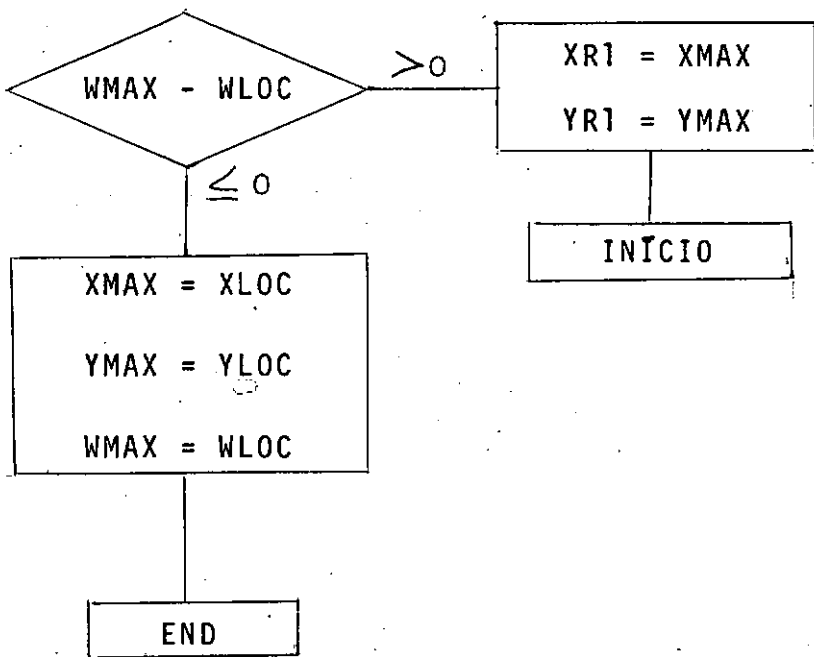


— Mudança do sentido da iteração

GO TO (100, 200, ... 700, 3000) ID

3000

— Verificação do valor máximo global



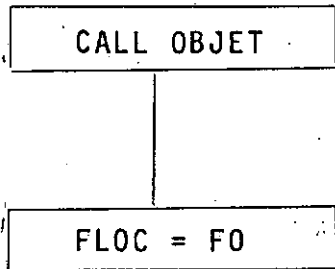
129) SUBROTINA FOLOC - cálculo da função objetiva em torno de um ponto máximo local

— Roda R1 no ponto de ordenada máxima

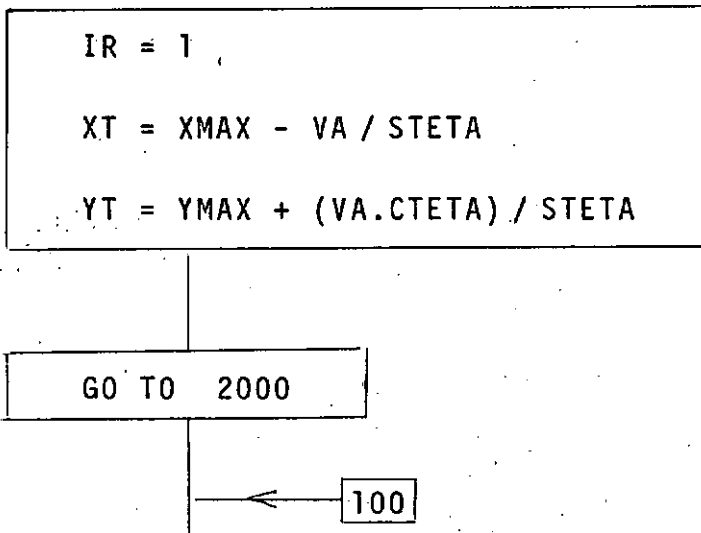
XLOC = XMAX

YLOC = YMAX

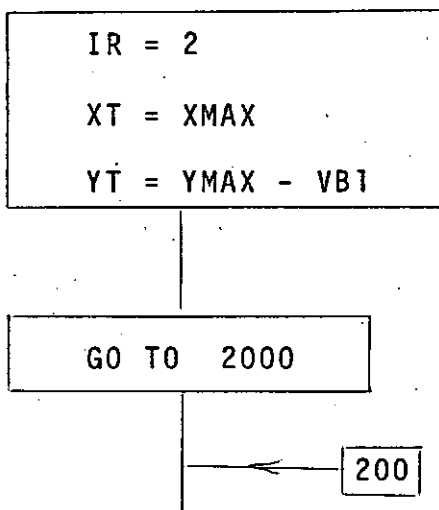
– Função objetiva



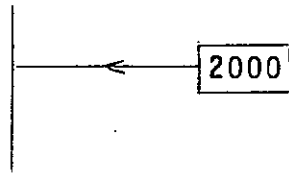
– Roda R2 no ponto de ordenada máxima



– Roda R3 no ponto de ordenada máxima



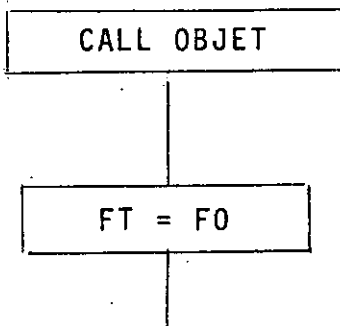
Analogamente, outras posições do veículo são colocadas no ponto de ordenada máxima.



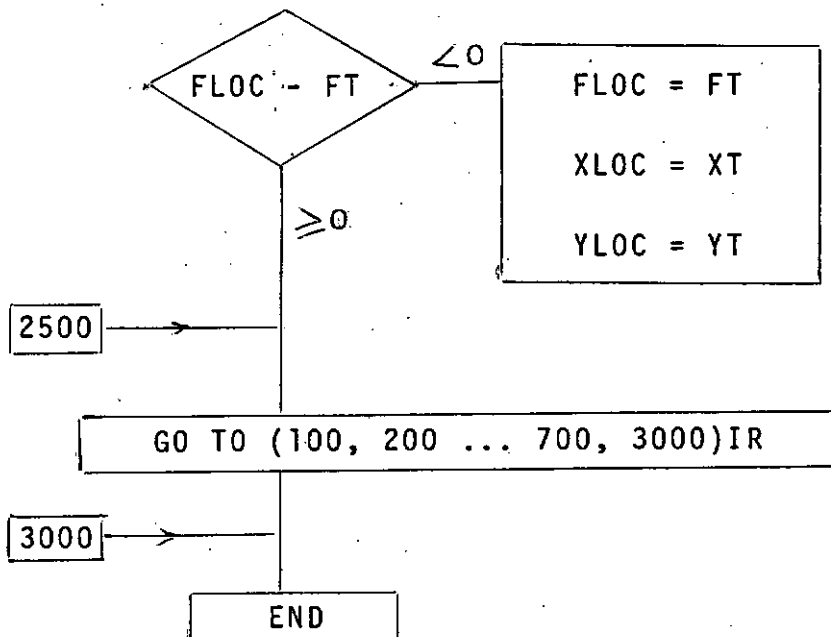
– Verificação das restrições das variáveis XT e YT

Caso haja restrições (item 5.3), ir para o número 2500

– Determinação da função objetiva



– Verificação do valor máximo da função objetiva

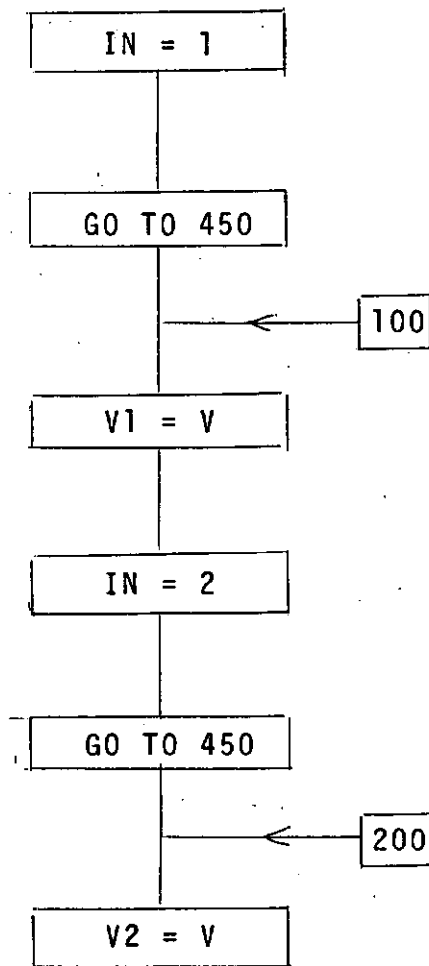


139) SUBROTINA MULTI - cálculo dos esforços devido às cargas de multidão

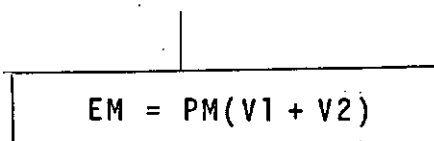
— Cálculo das coordenadas da extremidade do veículo

(ver fórmulas no item 5.2)

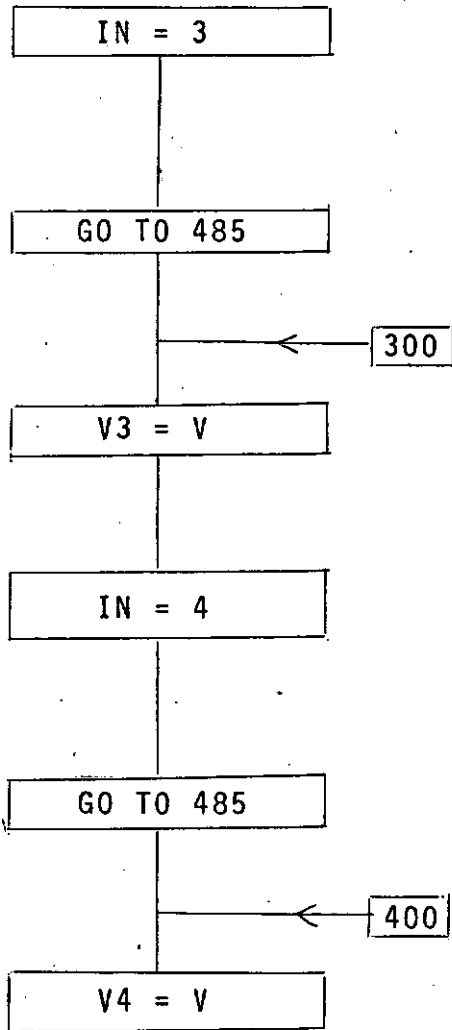
— Volume de influência na região fora da faixa do veículo



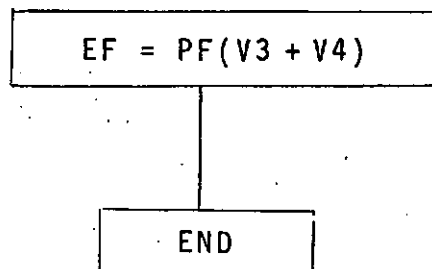
— Esforço devido a carga de multidão fora da faixa do veículo



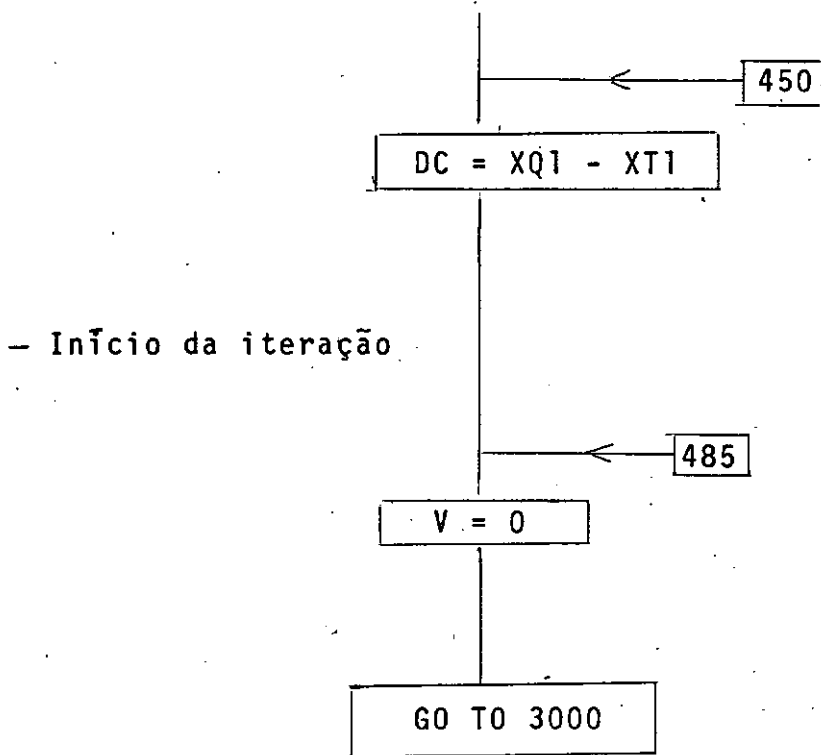
— Volume de influência fora da faixa



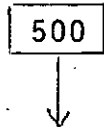
— Esforço devido a carga de multidão na faixa do veículo



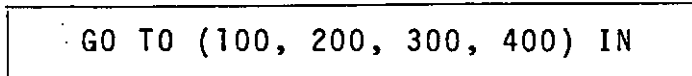
Distância entre as curvas longitudinais



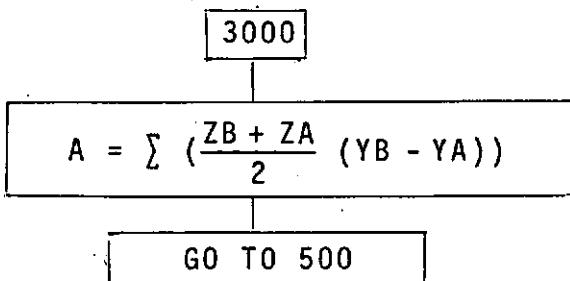
- Volume entre as áreas A1 e A2



(ver fórmula no item 4.4)



- Área positiva sob a curva

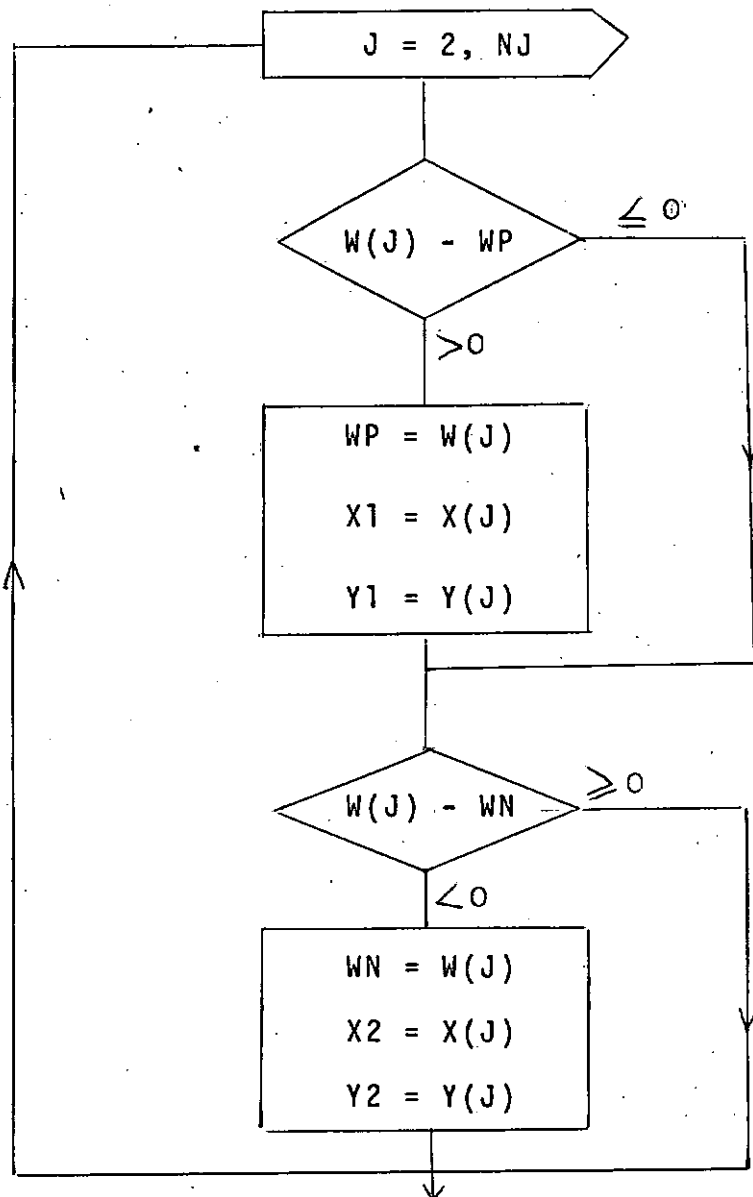


149) SUBROTINA FOMAX - determinação dos esforços máximos, positivos e negativos, devido às cargas móveis

- Definição das ordenadas iniciais

WP = W(1)
WN = W(1)

- Cálculo dos valores máximos iniciais



- Cálculo das derivadas parciais nos nós

CALL DERIV

- Mudança de coordenadas da roda R1

$$YR1 = (Y1 - Y(1))/STETA$$

$$XR1 = X1 - X(1) - YR1.CTETA$$

- Verificação das restrições às coordenadas de R1
(de acordo com o item 5.3)

- Valor inicial da ordenada máxima

CALL INTER

$$XMAX = XR1$$

$$YMAX = YR1$$

$$WMAX = SS$$

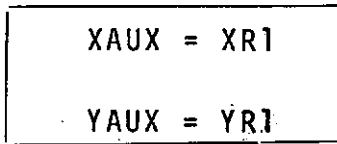
- Função objetiva correspondente

CALL OBJET

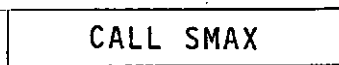
$$FAUX = FO$$

1000

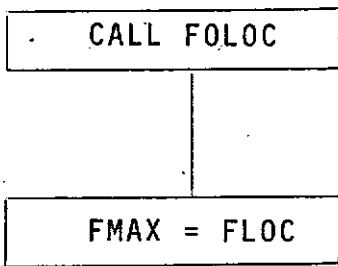
– Valores auxiliares de cálculo



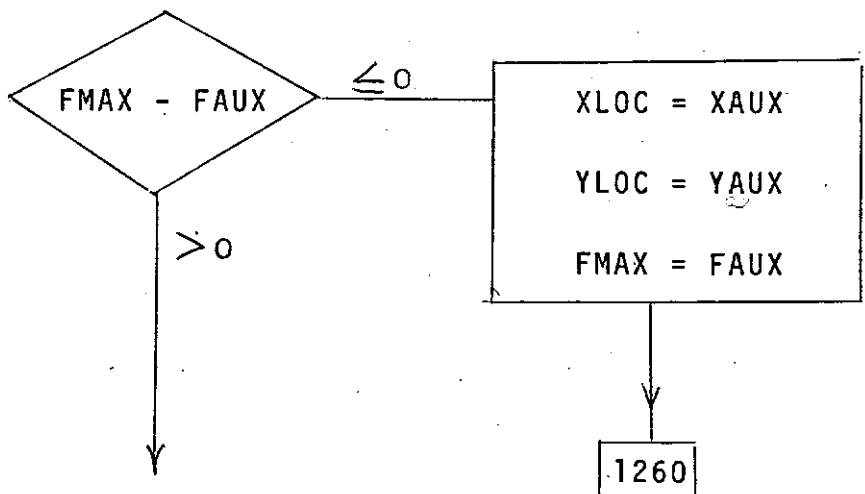
– Valor máximo global da superfície de influência

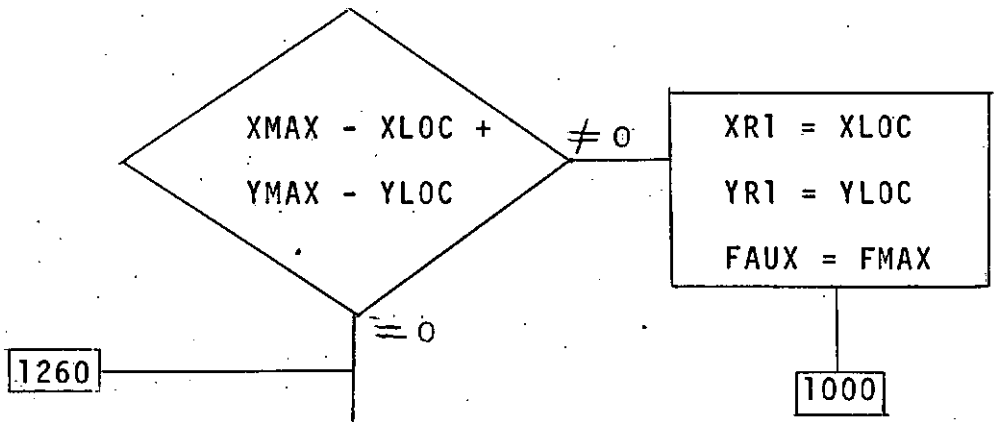


– Função objetiva em torno do ponto máximo

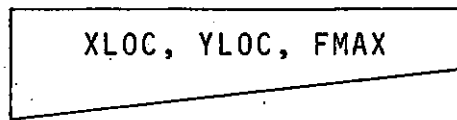


– Verificação do valor máximo positivo da função objetiva

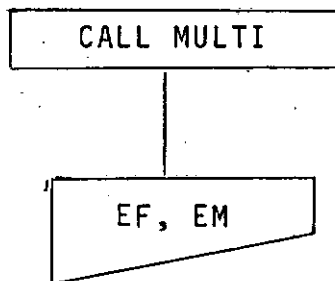




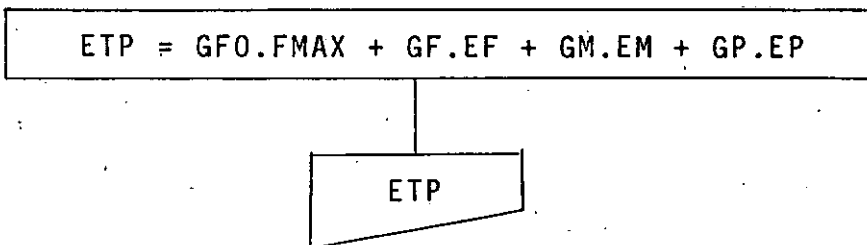
– Impressão da função objetiva máxima positiva



– Esforços máximos positivos devido às cargas de multidão



Esforço total máximo positivo devido às cargas móveis



O esforço máximo negativo ETN é feito de maneira análoga, através da inversão de sinais da superfície de influência.

CAPÍTULO VIIIEXEMPLOS NUMÉRICOS

Neste capítulo, serão analisadas duas pontes rodoviárias, uma reta e outra esconsa, com superestrutura em grelha. As pontes possuem cinco longarinas, quatro transversianas internas e duas transversinas de apoio. Na seção transversal, apresentada na figura 33, são mostradas as dimensões das vigas longitudinais, bem como a espessura da laje do tabuleiro. A numeração dos nós e dos membros estão indicadas nas figuras 34 e 35, sendo que cada estrutura possui 30 pontos nodais e 49 elementos.

Em cada um destes exemplos, o processador central gastou cerca de 11 minutos para a execução do programa, enquanto que na entrada e saída foram gastos uma média de 20 segundos.

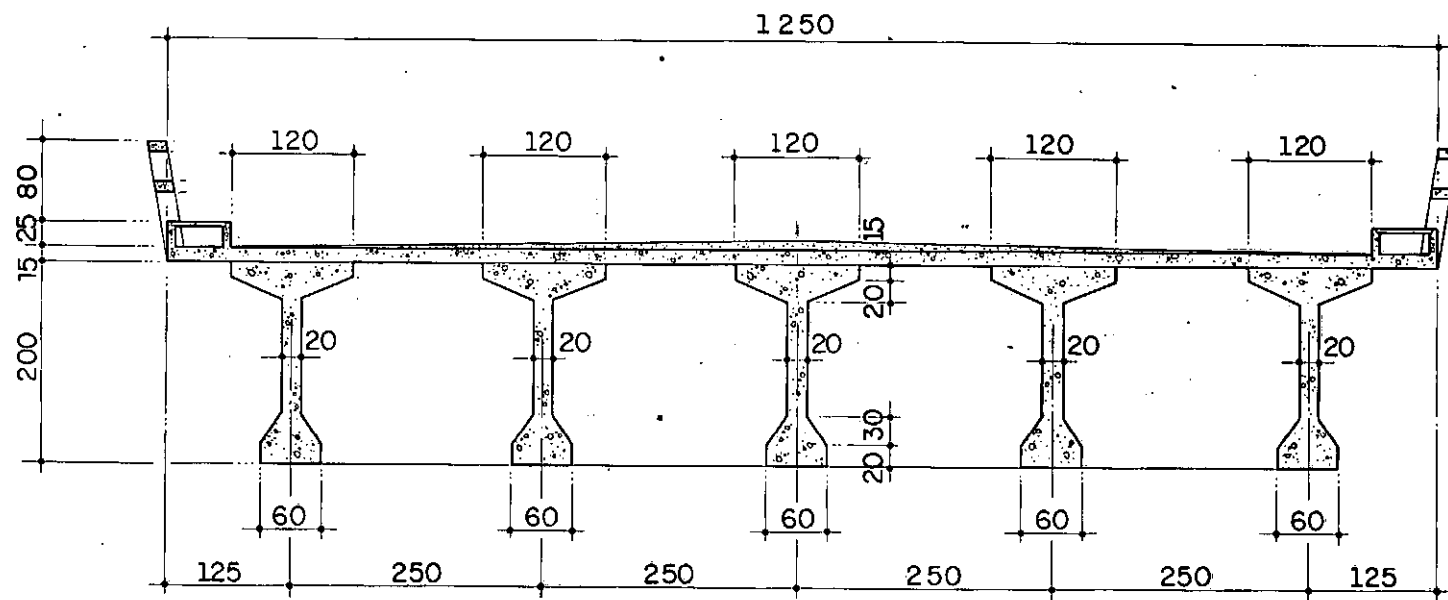


FIG. 33 - SEÇÃO TRANSVERSAL DA PONTE ESTUDADA

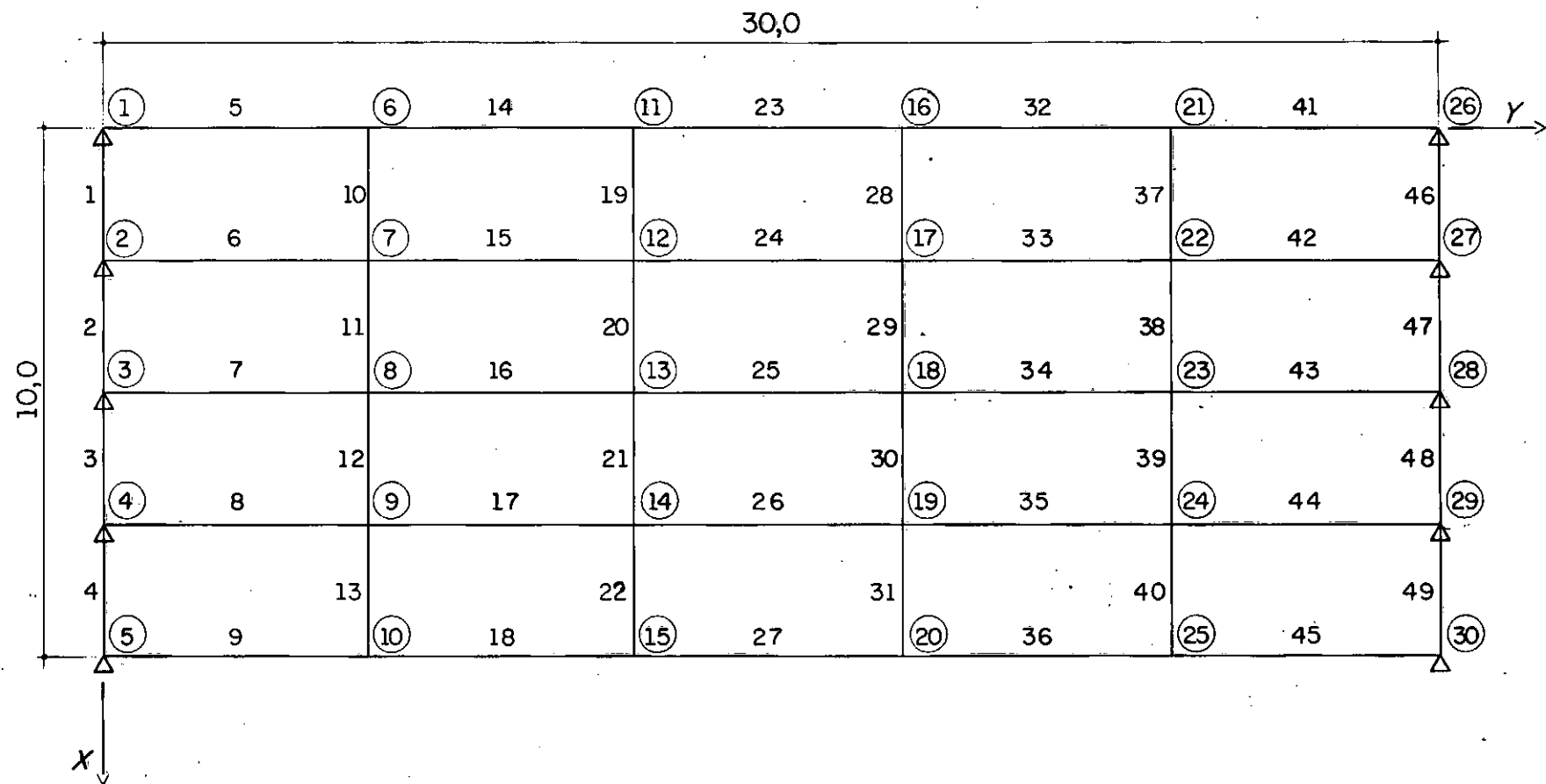


FIG. 34 - SISTEMA ESTRUTURAL DA GRELHA RETA (EXEMPLO 1)

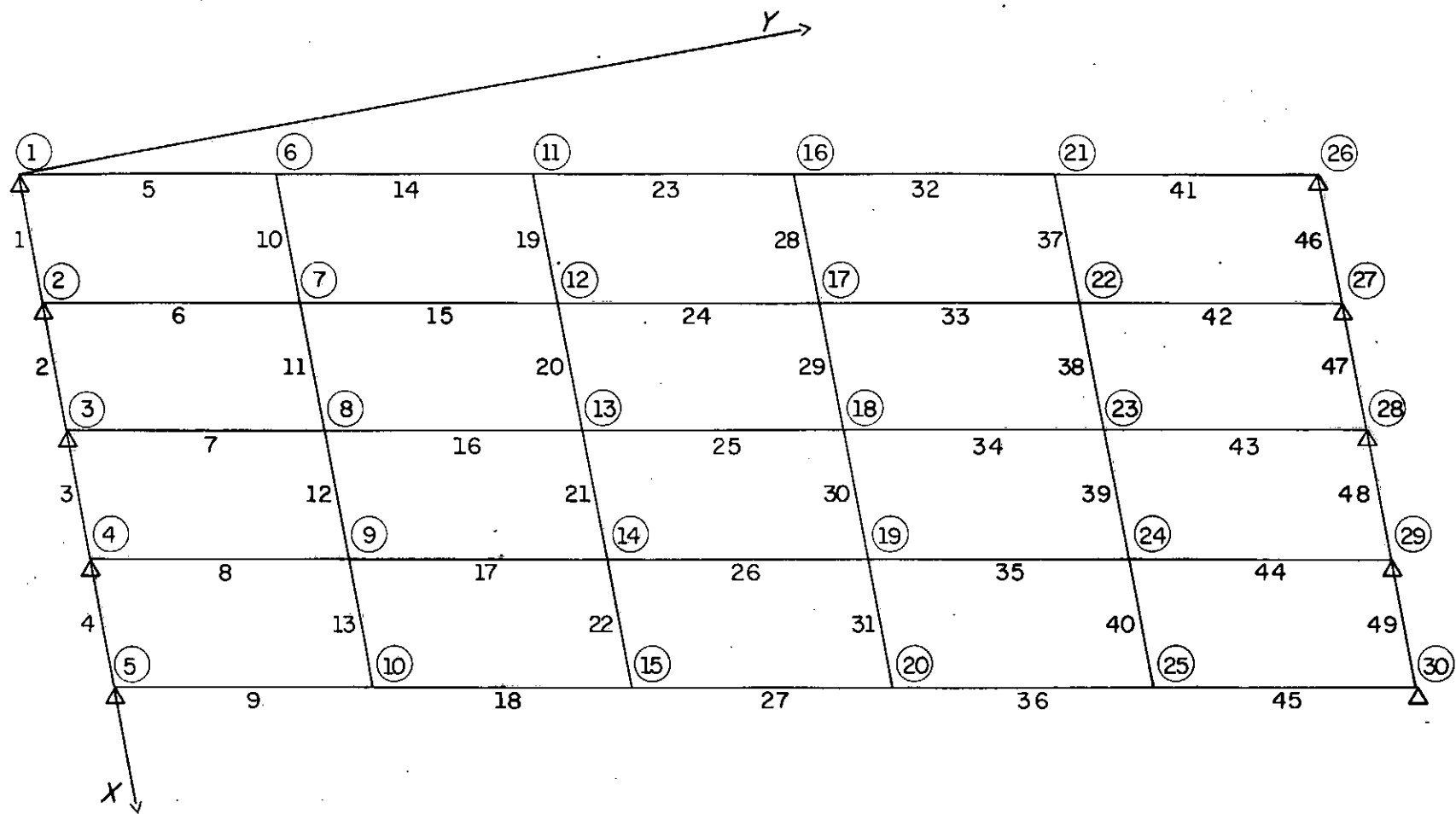


FIG. 35 - SISTEMA ESTRUTURAL DA GRELHA ESCONSA (EXEMPLO 2)

COORDENACAO DOS PROGRAMAS DE POS-GRADUACAO EM ENGENHARIA - COPPE/UFRJ
PROGRAMA DE ENGENHARIA CIVIL -AREA ESTRUTURAS- HENRIQUE INNECCO LONGO
TESE DE MESTRADO - ESFORÇOS MÁXIMOS EM PONTES TIPO GRELHA

P R O G R A M A G R E L H A

EXEMPLO 1 - PONTE EM GRELHA RETA

DADOS CARACTERISTICOS DA ESTRUTURA

PARAMETROS E MODULOS DE ELASTICIDADE

M	N	NJ	NR	NRJ	E	G
49	80	30	10	10	2100000.	840000.

COORDENADAS DOS NOS

J	X	Y
1	0.000	0.000
2	2.500	0.000
3	5.000	0.000
4	7.500	0.000
5	10.000	0.000
6	0.000	6.000
7	2.500	6.000
8	5.000	6.000
9	7.500	6.000
10	10.000	6.000
11	0.000	12.000
12	2.500	12.000
13	5.000	12.000
14	7.500	12.000
15	10.000	12.000
16	0.000	18.000
17	2.500	18.000
18	5.000	18.000
19	7.500	18.000
20	10.000	18.000
21	0.000	24.000
22	2.500	24.000
23	5.000	24.000
24	7.500	24.000
25	10.000	24.000
26	0.000	30.000
27	2.500	30.000
28	5.000	30.000
29	7.500	30.000
30	10.000	30.000

PROPRIEDADES E CARACTERISTICAS DOS MEMBROS

I	JJ	JK	IX	IY	L	CX	CY
1	1	2	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
2	2	3	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
3	3	4	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
4	4	5	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
5	1	6	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
6	2	7	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
7	3	8	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
8	4	9	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
9	5	10	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
10	6	7	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
11	7	8	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
12	8	9	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
13	9	10	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
14	6	11	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
15	7	12	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
16	8	13	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
17	9	14	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
18	10	15	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
19	11	12	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
20	12	13	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
21	13	14	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
22	14	15	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000

23	11	16	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
24	12	17	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
25	13	18	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
26	14	19	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
27	15	20	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
28	16	17	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
29	17	18	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
30	18	19	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
31	19	20	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
32	16	21	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
33	17	22	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
34	18	23	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
35	19	24	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
36	20	25	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
37	21	22	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
38	22	23	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
39	23	24	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
40	24	25	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
41	21	26	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
42	22	27	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
43	23	28	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
44	24	29	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
45	25	30	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
46	26	27	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
47	27	28	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
48	28	29	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
49	29	30	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000

LISTA DE RESTRICOES DOS NOS

J	RLX	RLY	RLZ
1	0	0	1
2	0	0	1
3	0	0	1
4	0	0	1
5	0	0	1
26	0	0	1
27	0	0	1
28	0	0	1
29	0	0	1
30	0	0	1

CARGAS PERMANENTES

CARREGAMENTO NAS BARRAS EM RELACAO AOS EIXOS LOCAIS DO MEMBRO

I	ICAR	CARGA	D1
1	1	-1.000	0.000
2	1	-1.000	0.000
3	1	-1.000	0.000
4	1	-1.000	0.000
5	1	-3.440	0.000
6	1	-2.740	0.000
7	1	-2.740	0.000
8	1	-2.740	0.000
9	1	-3.440	0.000
10	1	-1.000	0.000
11	1	-1.000	0.000
12	1	-1.000	0.000
13	1	-1.000	0.000
14	1	-3.440	0.000
15	1	-2.740	0.000
16	1	-2.740	0.000
17	1	-2.740	0.000
18	1	-3.440	0.000
19	1	-1.000	0.000
20	1	-1.000	0.000
21	1	-1.000	0.000
22	1	-1.000	0.000
23	1	-3.440	0.000
24	1	-2.740	0.000
25	1	-2.740	0.000
26	1	-2.740	0.000
27	1	-3.440	0.000
28	1	-1.000	0.000
29	1	-1.000	0.000
30	1	-1.000	0.000
31	1	-1.000	0.000
32	1	-3.440	0.000
33	1	-2.740	0.000
34	1	-2.740	0.000
35	1	-2.740	0.000
36	1	-3.440	0.000
37	1	-1.000	0.000
38	1	-1.000	0.000
39	1	-1.000	0.000
40	1	-1.000	0.000
41	1	-3.440	0.000
42	1	-2.740	0.000
43	1	-2.740	0.000
44	1	-2.740	0.000
45	1	-3.440	0.000
46	1	-1.000	0.000
47	1	-1.000	0.000
48	1	-1.000	0.000
49	1	-1.000	0.000

DESLOCAMENTOS DOS PONTOS NODAIS

J	DX	DY	DZ
1	-0.004	0.000	0.000
2	-0.004	-0.000	0.000
3	-0.004	-0.000	0.000
4	-0.004	0.000	0.000
5	-0.004	-0.000	0.000
6	-0.003	-0.000	-0.021
7	-0.003	-0.000	-0.021
8	-0.003	-0.000	-0.021
9	-0.003	0.000	-0.021
10	-0.003	0.000	-0.021

11	-0.001	-0.000	-0.034
12	-0.001	-0.000	-0.034
13	-0.001	-0.000	-0.034
14	-0.001	0.000	-0.034
15	-0.001	0.000	-0.034
16	0.001	-0.000	-0.034
17	0.001	-0.000	-0.034
18	0.001	-0.000	-0.034
19	0.001	0.000	-0.034
20	0.001	0.000	-0.034
21	0.003	-0.000	-0.021
22	0.003	-0.000	-0.021
23	0.003	-0.000	-0.021
24	0.003	0.000	-0.021
25	0.003	0.000	-0.021
26	0.004	0.000	0.000
27	0.004	-0.000	0.000
28	0.004	-0.000	0.000
29	0.004	0.000	0.000
30	0.004	-0.000	0.000

 REACOES DE APDIO

J	RX	RY	RZ
1	0.000	0.000	51.634
2	0.000	0.000	51.308
3	0.000	0.000	50.616
4	0.000	0.000	51.308
5	0.000	0.000	51.634
26	0.000	0.000	51.634
27	0.000	0.000	51.308
28	0.000	0.000	50.616
29	0.000	0.000	51.308
30	0.000	0.000	51.634

COEFICIENTES DE DISTRIBUICAO TRANSVERSAL

SECAO I = 23 K = 11

LONGARINA	1	0.58084
LONGARINA	2	0.38199
LONGARINA	3	0.19220
LONGARINA	4	0.00951
LONGARINA	5	-0.16655

SECAO I = 24 K = 12

LONGARINA	1	0.38405
LONGARINA	2	0.29464
LONGARINA	3	0.20380
LONGARINA	4	0.10606
LONGARINA	5	0.00945

SECAO I = 25 K = 13

LONGARINA	1	0.19220
LONGARINA	2	0.20380
LONGARINA	3	0.20801
LONGARINA	4	0.20380
LONGARINA	5	0.19220

CARACTERISTICAS DAS CARGAS MOVEIS

DIMENSÕES DO VEICULO

VA = 2.000 VB1 = 1.500 VB2 = 1.500
DA = 3.000 DB = 6.000

CARGAS CONCENTRADAS DAS RODAS

P1 = 6.000 P2 = 6.000 P3 = 6.000
P4 = 6.000 P5 = 6.000 P6 = 6.000

CARGAS DE MULTIDAO DENTRO E FORA DA FAIXA

PF = 0.500 PM = 0.300

COEFICIENTES DE SEGURANCA

GFO = 1.785 GF = 1.500 CM = 1.500
GP = 1.500

ENVOLTORIA DE MOMENTO FLETOR

SECAO		CARGA PERMANENTE	SINAL	POSICAO DA RODA R1		FUNCAO OBJETIVA	CARGAS DE MULTIDAO		ESFORCO TOTAL
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FD	EF	EM	ET
1	1	-0.060	MAX(+)	8.000	12.000	0.846	0.372	0.203	2.282
			MAX(-)	0.000	10.900	-0.932	-0.392	-0.078	-2.457
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FD	EF	EM	ET
1	2	-0.634	MAX(+)	0.000	11.500	0.583	0.248	0.051	0.538
			MAX(-)	8.000	12.000	-0.532	-0.233	-0.128	-2.443
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FD	EF	EM	ET
2	2	-0.677	MAX(+)	8.000	12.000	0.331	0.147	0.069	-0.100
			MAX(-)	0.000	11.300	-0.343	-0.153	-0.041	-1.920
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FD	EF	EM	ET
2	3	-0.443	MAX(+)	0.000	11.500	0.451	0.201	0.059	0.532
			MAX(-)	8.000	12.000	-0.445	-0.198	-0.085	-1.883
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FD	EF	EM	ET
3	3	-0.443	MAX(+)	8.000	10.900	0.451	0.201	0.079	0.561
			MAX(-)	0.000	11.800	-0.445	-0.198	-0.065	-1.853
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FD	EF	EM	ET
3	4	-0.677	MAX(+)	0.000	12.000	0.331	0.147	0.053	-0.125
			MAX(-)	8.000	10.800	-0.343	-0.153	-0.057	-1.943
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FD	EF	EM	ET
4	4	-0.634	MAX(+)	8.000	10.800	0.583	0.249	0.072	0.571
			MAX(-)	0.000	12.000	-0.532	-0.233	-0.101	-2.401
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FD	EF	EM	ET
4	5	-0.060	MAX(+)	0.000	12.000	0.846	0.372	0.160	2.216
			MAX(-)	8.000	11.000	-0.932	-0.392	-0.109	-2.504
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FD	EF	EM	ET
5	1	-0.041	MAX(+)	8.000	12.000	0.507	0.222	0.123	1.361
			MAX(-)	0.000	8.900	-0.544	-0.238	-0.049	-1.463

I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FQ	EF	EM	ET
5	6	241.722	MAX(+)	0.000	6.000	86.564	28.060	20.627	590.131
			MAX(-)	8.000	6.400	-13.627	-4.975	-0.095	330.654
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FQ	EF	EM	ET
6	2	0.027	MAX(+)	0.000	6.200	0.006	0.004	0.012	0.075
			MAX(-)	1.800	4.600	-0.111	-0.013	-0.015	-0.200
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FQ	EF	EM	ET
6	7	241.615	MAX(+)	0.500	6.000	56.176	23.000	23.092	531.834
			MAX(-)	8.000	-1.800	0.399	-0.093	0.000	362.994
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FQ	EF	EM	ET
7	3	0.029	MAX(+)	0.000	5.000	0.057	0.006	0.015	0.176
			MAX(-)	4.000	4.700	-0.133	-0.022	-0.018	-0.256
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FQ	EF	EM	ET
7	8	240.527	MAX(+)	3.000	4.500	44.363	13.719	35.996	514.551
			MAX(-)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	360.791
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FQ	EF	EM	ET
8	4	0.027	MAX(+)	0.100	4.100	0.039	0.006	0.012	0.136
			MAX(-)	6.200	4.600	-0.111	-0.013	-0.015	-0.202
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FQ	EF	EM	ET
8	9	241.615	MAX(+)	7.500	6.000	56.176	23.000	23.092	531.834
			MAX(-)	0.000	2.500	3.063	-0.030	0.000	367.844
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FQ	EF	EM	ET
9	5	-0.041	MAX(+)	0.000	12.000	0.507	0.222	0.097	1.322
			MAX(-)	8.000	10.400	-0.550	-0.236	-0.068	-1.499
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FQ	EF	EM	ET
9	10	241.722	MAX(+)	8.000	6.000	86.564	28.060	24.629	596.134
			MAX(-)	0.000	8.800	-14.152	-4.924	-0.085	329.809
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FQ	EF	EM	ET
10	6	0.039	MAX(+)	0.000	6.000	0.421	0.141	0.045	1.089
			MAX(-)	8.000	10.300	-0.344	-0.137	-0.115	-0.932
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FQ	EF	EM	ET
10	7	-3.839	MAX(+)	2.500	4.500	13.667	2.389	1.303	24.175
			MAX(-)	0.000	6.400	-3.151	-0.927	-1.603	-15.180
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FQ	EF	EM	ET
11	7	-3.812	MAX(+)	2.500	4.500	13.640	2.438	1.275	24.200
			MAX(-)	0.000	6.400	-2.678	-0.831	-1.752	-14.372

I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
11	8	-4.847	MAX(+)	5.000	6.000	14.797	3.087	3.060	28.363
			MAX(-)	0.000	5.600	-9.051	-1.321	-2.410	-29.024
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
12	8	-4.847	MAX(+)	3.000	6.000	14.797	3.087	2.369	27.326
			MAX(-)	8.000	6.000	-8.868	-1.357	-1.829	-27.877
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
12	9	-3.812	MAX(+)	5.500	4.500	13.640	2.438	1.275	24.200
			MAX(-)	0.100	5.200	-4.933	-0.957	-2.027	-18.999
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
13	9	-3.839	MAX(+)	5.500	4.500	13.667	2.389	1.303	24.175
			MAX(-)	0.100	5.100	-4.625	-0.839	-2.131	-18.470
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
13	10	0.039	MAX(+)	8.000	6.000	0.421	0.141	0.057	1.108
			MAX(-)	0.000	10.200	-0.344	-0.137	-0.098	-0.907
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
14	6	241.703	MAX(+)	0.000	6.000	86.225	27.852	20.666	589.243
			MAX(-)	8.000	6.300	-13.269	-4.805	-0.086	331.533
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
14	11	361.434	MAX(+)	0.000	10.500	125.291	41.568	32.676	877.161
			MAX(-)	8.000	11.900	-21.379	-7.643	-0.002	492.522
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
15	7	241.625	MAX(+)	0.500	6.000	56.167	22.996	23.080	531.809
			MAX(-)	8.000	-1.800	0.399	-0.092	0.000	363.011
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
15	12	362.749	MAX(+)	0.000	11.000	84.406	28.765	38.190	795.221
			MAX(-)	8.000	-2.200	0.425	-0.001	0.000	544.879
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
16	8	240.545	MAX(+)	3.000	4.500	44.336	13.697	35.995	514.496
			MAX(-)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	360.817
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
16	13	362.435	MAX(+)	3.000	10.500	58.352	18.869	52.910	755.479
			MAX(-)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	543.652
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
17	9	241.625	MAX(+)	7.500	6.000	56.167	22.996	23.080	531.809
			MAX(-)	0.000	2.500	3.068	-0.029	0.000	367.870

I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FQ	EF	EM	ET
17	14	362.749	MAX(+)	8.000	10.500	84.629	28.830	42.317	801.905
			MAX(-)	0.000	8.500	9.060	0.000	0.000	560.295
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FQ	EF	EM	ET
18	10	241.703	MAX(+)	8.000	6.000	86.225	27.852	24.639	595.202
			MAX(-)	0.000	8.700	-13.786	-4.752	-0.078	330.702
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FQ	EF	EM	ET
18	15	361.434	MAX(+)	8.000	10.500	125.291	41.568	38.910	886.512
			MAX(-)	0.000	11.800	-21.395	-7.641	-0.002	492.496
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FQ	EF	EM	ET
19	11	0.021	MAX(+)	0.000	10.500	0.615	0.230	0.065	1.571
			MAX(-)	8.000	12.000	-0.526	-0.229	-0.123	-1.436
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FQ	EF	EM	ET
19	12	-4.816	MAX(+)	2.500	10.500	14.529	3.784	1.995	27.379
			MAX(-)	0.000	10.500	-3.433	-1.124	-1.835	-17.801
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FQ	EF	EM	ET
20	12	-4.801	MAX(+)	2.500	10.500	14.634	3.887	1.952	27.678
			MAX(-)	0.000	10.500	-2.766	-0.983	-2.081	-16.737
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FQ	EF	EM	ET
20	13	-6.520	MAX(+)	5.000	10.500	16.823	5.255	4.509	34.895
			MAX(-)	0.000	10.500	-9.967	-1.824	-2.836	-34.562
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FQ	EF	EM	ET
21	13	-6.520	MAX(+)	3.000	10.500	16.823	5.255	3.618	33.559
			MAX(-)	8.000	12.000	-9.354	-1.927	-2.024	-32.403
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FQ	EF	EM	ET
21	14	-4.801	MAX(+)	5.500	10.500	14.634	3.887	1.952	27.678
			MAX(-)	0.100	10.500	-5.453	-1.442	-2.161	-22.339
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FQ	EF	EM	ET
22	14	-4.816	MAX(+)	5.500	10.500	14.529	3.784	1.995	27.379
			MAX(-)	0.100	10.400	-4.919	-1.239	-2.322	-21.346
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FQ	EF	EM	ET
22	15	0.021	MAX(+)	8.000	12.000	0.610	0.228	0.087	1.593
			MAX(-)	0.000	12.000	-0.526	-0.229	-0.096	-1.396
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FQ	EF	EM	ET
23	11	361.430	MAX(+)	0.000	10.500	125.161	41.492	32.688	876.828
			MAX(-)	8.000	11.900	-21.234	-7.581	-0.001	492.869

I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
23	16	361.430	MAX(+)	0.000	16.500	125.161	41.492	32.688	876.828
			MAX(-)	8.000	15.100	-21.234	-7.581	-0.001	492.869
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
24	12	362.751	MAX(+)	0.000	11.000	84.404	28.767	38.188	795.221
			MAX(-)	8.000	-2.200	0.423	-0.002	0.000	544.879
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
24	17	362.751	MAX(+)	0.000	16.000	84.404	28.767	38.188	795.220
			MAX(-)	8.000	30.000	0.000	-0.002	0.000	544.124
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
25	13	362.438	MAX(+)	3.000	10.500	58.353	18.865	52.909	755.478
			MAX(-)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	543.657
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
25	18	362.438	MAX(+)	3.000	16.500	58.353	18.865	52.909	755.478
			MAX(-)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	543.657
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
26	14	362.751	MAX(+)	8.000	10.500	84.628	28.831	42.314	801.905
			MAX(-)	0.000	8.500	9.052	0.000	0.000	560.284
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
26	19	362.751	MAX(+)	8.000	16.500	84.628	28.831	42.314	801.905
			MAX(-)	0.000	18.500	9.052	0.000	0.000	560.284
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
27	15	361.430	MAX(+)	0.000	10.500	125.161	41.492	38.908	886.158
			MAX(-)	8.000	11.800	-21.251	-7.578	-0.001	492.842
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
27	20	361.430	MAX(+)	8.000	16.500	125.161	41.492	38.908	886.158
			MAX(-)	0.000	15.200	-21.251	-7.578	-0.001	492.842
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
28	16	0.021	MAX(+)	0.000	16.500	0.615	0.230	0.065	1.571
			MAX(-)	8.000	14.100	-0.525	-0.229	-0.122	-1.434
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
28	17	-4.816	MAX(+)	2.500	16.500	14.529	3.784	1.995	27.379
			MAX(-)	0.000	16.500	-3.438	-1.124	-1.835	-17.801
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
29	17	-4.801	MAX(+)	2.500	16.500	14.634	3.887	1.952	27.678
			MAX(-)	0.000	16.500	-2.766	-0.983	-2.081	-16.737

I 29	K 18	EP -6.520	(+)/(-) MAX(+) MAX(-)	X0 5.000 0.000	Y0 16.500 16.500	F0 16.823 -9.967	EF 5.255 -1.824	EM 4.509 -2.836	ET 34.895 -34.562
I 30	K 18	EP -6.520	(+)/(-) MAX(+) MAX(-)	X0 3.000 8.000	Y0 16.500 18.000	F0 16.823 -9.400	EF 5.255 -1.919	EM 3.618 -2.024	ET 33.559 -32.474
I 30	K 19	EP -4.801	(+)/(-) MAX(+) MAX(-)	X0 5.500 0.100	Y0 16.500 16.500	F0 14.634 -5.453	EF 3.887 -1.442	EM 1.952 -2.161	ET 27.678 -22.339
I 31	K 19	EP -4.816	(+)/(-) MAX(+) MAX(-)	X0 5.500 0.100	Y0 16.500 16.600	F0 14.529 -4.919	EF 3.784 -1.239	EM 1.995 -2.322	ET 27.379 -21.347
I 31	K 20	EP 0.021	(+)/(-) MAX(+) MAX(-)	X0 8.000 0.000	Y0 18.000 14.100	F0 0.585 -0.525	EF 0.234 -0.229	EM 0.087 -0.096	ET 1.556 -1.394
I 32	K 16	EP 361.434	(+)/(-) MAX(+) MAX(-)	X0 0.000 8.000	Y0 16.500 15.100	F0 125.291 -21.379	EF 41.568 -7.643	EM 32.676 -0.002	ET 877.161 492.522
I 32	K 21	EP 241.703	(+)/(-) MAX(+) MAX(-)	X0 0.000 8.000	Y0 21.000 18.000	F0 86.225 -13.773	EF 27.853 -4.760	EM 20.666 -0.086	ET 589.243 330.699
I 33	K 17	EP 362.749	(+)/(-) MAX(+) MAX(-)	X0 0.000 8.000	Y0 16.000 30.000	F0 84.406 0.000	EF 28.765 -0.001	EM 38.190 0.000	ET 795.221 544.121
I 33	K 22	EP 241.625	(+)/(-) MAX(+) MAX(-)	X0 0.500 8.000	Y0 21.000 -1.500	F0 56.167 0.220	EF 22.996 -0.111	EM 23.080 0.000	ET 531.809 362.665
I 34	K 18	EP 362.435	(+)/(-) MAX(+) MAX(-)	X0 3.000 0.000	Y0 16.500 0.000	F0 58.352 0.000	EF 18.869 0.000	EM 52.910 0.000	ET 755.479 543.652
I 34	K 23	EP 240.545	(+)/(-) MAX(+) MAX(-)	X0 3.000 0.000	Y0 22.500 0.000	F0 44.336 0.000	EF 13.697 0.000	EM 35.995 0.000	ET 514.496 360.817
I 35	K 19	EP 362.749	(+)/(-) MAX(+) MAX(-)	X0 8.000 0.000	Y0 16.500 18.500	F0 84.629 9.060	EF 28.830 0.000	EM 42.317 0.000	ET 801.905 560.295

I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
35	24	241.625	MAX(+)	7.500	21.000	56.167	22.996	23.080	531.809
			MAX(-)	0.000	24.500	3.068	-0.029	0.000	367.870
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
36	20	361.434	MAX(+)	8.000	16.500	125.291	41.568	38.910	886.512
			MAX(-)	0.000	15.200	-21.395	-7.641	-0.002	492.497
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
36	25	241.703	MAX(+)	8.000	21.300	85.906	27.898	24.639	594.701
			MAX(-)	0.000	18.300	-13.786	-4.752	-0.078	330.702
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
37	21	0.039	MAX(+)	0.000	21.000	0.421	0.141	0.045	1.089
			MAX(-)	8.000	16.700	-0.344	-0.137	-0.115	-0.932
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
37	22	-3.839	MAX(+)	2.500	22.500	13.667	2.389	1.303	24.175
			MAX(-)	0.000	20.600	-3.151	-0.927	-1.603	-15.180
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
38	22	-3.812	MAX(+)	2.500	22.500	13.640	2.438	1.275	24.200
			MAX(-)	0.000	20.600	-2.678	-0.831	-1.752	-14.372
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
38	23	-4.847	MAX(+)	5.000	21.000	14.797	3.088	3.060	28.365
			MAX(-)	0.000	21.400	-9.051	-1.321	-2.410	-29.023
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
39	23	-4.847	MAX(+)	3.000	21.000	14.797	3.088	2.369	27.327
			MAX(-)	8.000	24.000	-8.187	-1.450	-1.829	-26.801
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
39	24	-3.812	MAX(+)	5.500	22.500	13.640	2.438	1.275	24.200
			MAX(-)	0.100	21.800	-4.933	-0.957	-2.027	-18.999
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
40	24	-3.839	MAX(+)	5.500	22.500	13.667	2.389	1.303	24.175
			MAX(-)	0.100	21.900	-4.625	-0.839	-2.131	-18.470
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
40	25	0.039	MAX(+)	8.000	17.200	0.385	0.134	0.057	1.033
			MAX(-)	0.000	16.800	-0.344	-0.137	-0.098	-0.907
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
41	21	241.722	MAX(+)	0.000	21.000	86.564	28.061	20.627	590.131
			MAX(-)	8.000	18.000	-14.145	-4.930	-0.095	329.796

I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
41	26	-0.041	MAX(+)	8.000	14.500	0.506	0.222	0.123	1.359
			MAX(-)	0.000	18.000	-0.545	-0.238	-0.049	-1.464
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
42	22	241.615	MAX(+)	0.500	21.000	56.176	23.000	23.092	531.834
			MAX(-)	8.000	-1.500	0.220	-0.112	0.000	362.648
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
42	27	0.027	MAX(+)	0.000	20.800	0.006	0.004	0.012	0.075
			MAX(-)	1.800	22.400	-0.111	-0.013	-0.015	-0.200
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
43	23	240.527	MAX(+)	3.000	22.500	44.363	13.719	35.996	514.551
			MAX(-)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	360.791
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
43	28	0.029	MAX(+)	0.000	22.000	0.057	0.006	0.015	0.176
			MAX(-)	4.000	22.300	-0.133	-0.022	-0.018	-0.256
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
44	24	241.615	MAX(+)	7.500	21.000	56.176	23.000	23.092	531.834
			MAX(-)	0.000	24.500	3.063	-0.030	0.000	367.844
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
44	29	0.027	MAX(+)	0.100	22.900	0.039	0.006	0.012	0.136
			MAX(-)	6.200	22.400	-0.111	-0.013	-0.016	-0.202
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
45	25	241.722	MAX(+)	8.000	21.300	86.234	28.108	24.629	595.616
			MAX(-)	0.000	18.200	-14.152	-4.924	-0.085	329.809
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
45	30	-0.041	MAX(+)	0.000	14.400	0.506	0.223	0.097	1.320
			MAX(-)	8.000	16.600	-0.550	-0.236	-0.068	-1.499
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
46	26	-0.060	MAX(+)	8.000	14.100	0.844	0.372	0.203	2.280
			MAX(-)	0.000	16.100	-0.932	-0.392	-0.078	-2.457
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
46	27	-0.634	MAX(+)	0.000	15.500	0.583	0.248	0.051	0.538
			MAX(-)	8.000	14.200	-0.531	-0.234	-0.122	-2.442
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
47	27	-0.677	MAX(+)	8.000	16.000	0.330	0.147	0.069	-0.102
			MAX(-)	0.000	15.700	-0.343	-0.153	-0.041	-1.920

I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
47	28	-0.443	MAX(+)	0.000	15.500	0.451	0.201	0.059	0.532
			MAX(-)	8.000	16.100	-0.444	-0.198	-0.085	-1.882
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
48	28	-0.443	MAX(+)	8.000	16.100	0.451	0.201	0.079	0.561
			MAX(-)	0.000	15.200	-0.445	-0.198	-0.065	-1.853
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
48	29	-0.677	MAX(+)	0.000	14.900	0.331	0.147	0.053	-0.125
			MAX(-)	8.000	16.200	-0.343	-0.153	-0.057	-1.943
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
49	29	-0.634	MAX(+)	8.000	16.200	0.583	0.249	0.072	0.571
			MAX(-)	0.000	14.200	-0.531	-0.234	-0.101	-2.401
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
49	30	-0.060	MAX(+)	0.000	14.100	0.844	0.372	0.160	2.215
			MAX(-)	8.000	16.000	-0.932	-0.392	-0.109	-2.504

P R O G R A M A G R E L H A

EXEMPLO 2 - PONTE EM GRELHA ESCONSA

DADOS CARACTERISTICOS DA ESTRUTURA

PARAMETROS E MODULOS DE ELASTICIDADE

M	N	NJ	NR	NRJ	E	G
49	80	30	10	10	2100000.	840000.

COORDENADAS DOS NOS

J	X	Y
1	0.000	0.000
2	2.500	0.000
3	5.000	0.000
4	7.500	0.000
5	10.000	0.000
6	2.180	6.000
7	4.680	6.000
8	7.180	6.000
9	9.680	6.000
10	12.180	6.000
11	4.360	12.000
12	6.860	12.000
13	9.360	12.000
14	11.860	12.000
15	14.360	12.000
16	6.540	18.000
17	9.040	18.000
18	11.540	18.000
19	14.040	18.000
20	16.540	18.000
21	8.720	24.000
22	11.220	24.000
23	13.720	24.000
24	16.220	24.000
25	18.720	24.000
26	10.900	30.000
27	13.400	30.000
28	15.900	30.000
29	18.400	30.000
30	20.900	30.000

PROPRIEDADES E CARACTERISTICAS DOS MEMBROS

I	JJ	JK	IX	IY	L	CX	CY
1	1	2	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
2	2	3	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
3	3	4	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
4	4	5	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
5	1	6	0.00900	0.46800	6.384	0.341	0.940
6	2	7	0.00900	0.46800	6.384	0.341	0.940
7	3	8	0.00900	0.46800	6.384	0.341	0.940
8	4	9	0.00900	0.46800	6.384	0.341	0.940
9	5	10	0.00900	0.46800	6.384	0.341	0.940
10	6	7	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
11	7	8	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
12	8	9	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
13	9	10	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
14	6	11	0.00900	0.46800	6.384	0.341	0.940
15	7	12	0.00900	0.46800	6.384	0.341	0.940
16	8	13	0.00900	0.46800	6.384	0.341	0.940
17	9	14	0.00900	0.46800	6.384	0.341	0.940
18	10	15	0.00900	0.46800	6.384	0.341	0.940
19	11	12	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
20	12	13	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
21	13	14	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
22	14	15	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000

23	11	16	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
24	12	17	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
25	13	18	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
26	14	19	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
27	15	20	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
28	16	17	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
29	17	18	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
30	18	19	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
31	19	20	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
32	16	21	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
33	17	22	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
34	18	23	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
35	19	24	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
36	20	25	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
37	21	22	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
38	22	23	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
39	23	24	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
40	24	25	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
41	21	26	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
42	22	27	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
43	23	28	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
44	24	29	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
45	25	30	0.00900	0.46800	6.000	0.000	1.000
46	26	27	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
47	27	28	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
48	28	29	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000
49	29	30	0.00500	0.13300	2.500	1.000	0.000

LISTA DE RESTRICOES DOS NOS

J	RLX	RLY	RLZ
1	0	0	1
2	0	0	1
3	0	0	1
4	0	0	1
5	0	0	1
26	0	0	1
27	0	0	1
28	0	0	1
29	0	0	1
30	0	0	1

CARGAS PERMANENTES

CARREGAMENTO NAS BARRAS EM RELACAO AOS EIXOS LOCAIS DO MEMBRO

I	ICAR	CARGA	D1
1	1	-1.000	0.000
2	1	-1.000	0.000
3	1	-1.000	0.000
4	1	-1.000	0.000
5	1	-3.440	0.000
6	1	-2.740	0.000
7	1	-2.740	0.000
8	1	-2.740	0.000
9	1	-3.440	0.000
10	1	-1.000	0.000
11	1	-1.000	0.000
12	1	-1.000	0.000
13	1	-1.000	0.000
14	1	-3.440	0.000
15	1	-2.740	0.000
16	1	-2.740	0.000
17	1	-2.740	0.000
18	1	-3.440	0.000
19	1	-1.000	0.000
20	1	-1.000	0.000
21	1	-1.000	0.000
22	1	-1.000	0.000
23	1	-3.440	0.000
24	1	-2.740	0.000
25	1	-2.740	0.000
26	1	-2.740	0.000
27	1	-3.440	0.000
28	1	-1.000	0.000
29	1	-1.000	0.000
30	1	-1.000	0.000
31	1	-1.000	0.000
32	1	-3.440	0.000
33	1	-2.740	0.000
34	1	-2.740	0.000
35	1	-2.740	0.000
36	1	-3.440	0.000
37	1	-1.000	0.000
38	1	-1.000	0.000
39	1	-1.000	0.000
40	1	-1.000	0.000
41	1	-3.440	0.000
42	1	-2.740	0.000
43	1	-2.740	0.000
44	1	-2.740	0.000
45	1	-3.440	0.000
46	1	-1.000	0.000
47	1	-1.000	0.000
48	1	-1.000	0.000
49	1	-1.000	0.000

DESLOCAMENTOS DOS PONTOS NODAIS

J	DX	DY	DZ
1	-0.005	0.000	0.000
2	-0.005	-0.000	0.000
3	-0.005	0.000	0.000
4	-0.005	0.000	0.000
5	-0.005	-0.000	0.000
6	-0.004	-0.000	-0.027
7	-0.004	-0.000	-0.027
8	-0.004	0.000	-0.027
9	-0.004	0.000	-0.027
10	-0.004	0.000	-0.027
11	-0.001	-0.000	-0.044

12	-0.001	-0.000	-0.043
13	-0.001	0.000	-0.043
14	-0.001	0.000	-0.043
15	-0.001	0.000	-0.044
16	0.001	-0.000	-0.044
17	0.001	-0.000	-0.043
18	0.001	-0.000	-0.043
19	0.001	0.000	-0.043
20	0.001	0.000	-0.044
21	0.004	-0.000	-0.027
22	0.004	-0.000	-0.027
23	0.004	-0.000	-0.027
24	0.004	0.000	-0.027
25	0.004	0.000	-0.027
26	0.005	0.000	0.000
27	0.005	-0.000	0.000
28	0.005	-0.000	0.000
29	0.005	0.000	0.000
30	0.005	-0.000	0.000

REACOES DE APOIO

J	RX	RY	RZ
1	0.000	0.000	54.140
2	0.000	0.000	54.246
3	0.000	0.000	53.473
4	0.000	0.000	54.063
5	0.000	0.000	55.065
26	0.000	0.000	55.065
27	0.000	0.000	54.063
28	0.000	0.000	53.473
29	0.000	0.000	54.246
30	0.000	0.000	54.140

CARACTERISTICAS DAS CARGAS MOVEIS

DIMENSÕES DO VEICULO

VA =	2.000	VB1 =	1.500	VB2 =	1.500
DA =	3.000	DB =	6.000		

CARGAS CONCENTRADAS DAS RODAS

P1 =	6.000	P2 =	6.000	P3 =	6.000
P4 =	6.000	P5 =	6.000	P6 =	6.000

CARGAS DE MULTIDAO DENTRO E FORA DA FAIXA

PF =	0.500	PM =	0.300
------	-------	------	-------

COEFICIENTES DE SEGURANCA

GFO =	1.785	GF =	1.500	GM =	1.500
GP =	1.500				

ENVOLTORIA DE MOMENTO FLETOR

SECAO	CARGA PERMANENTE	SINAL	POSICAO DA RODA R1	FUNCAO OBJETIVA	CARGAS DE MULTIDAO	ESFORCO TOTAL			
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	FO	EF	EM	ET
1	1	0.388	MAX(+)	7.872	13.768	0.820	0.417	0.221	3.005
			MAX(-)	0.100	13.268	-0.782	-0.384	-0.050	-1.464
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	FO	EF	EM	ET
1	2	-0.903	MAX(+)	0.100	12.968	0.574	0.284	0.039	0.154
			MAX(-)	7.872	13.568	-0.595	-0.302	-0.162	-3.112
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	FO	EF	EM	ET
2	2	-0.527	MAX(+)	7.872	13.068	0.484	0.247	0.119	0.623
			MAX(-)	0.100	13.068	-0.459	-0.236	-0.039	-2.023
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	FO	EF	EM	ET
2	3	-0.654	MAX(+)	0.100	12.168	0.555	0.288	0.054	0.522
			MAX(-)	7.872	12.768	-0.600	-0.307	-0.136	-2.717
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	FO	EF	EM	ET
3	3	-0.232	MAX(+)	7.872	12.768	0.542	0.282	0.119	1.221
			MAX(-)	0.100	12.468	-0.489	-0.257	-0.051	-1.685
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	FO	EF	EM	ET
3	4	-0.827	MAX(+)	0.100	12.568	0.328	0.175	0.037	-0.336
			MAX(-)	7.872	12.768	-0.368	-0.198	-0.083	-2.318
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	FO	EF	EM	ET
4	4	-0.350	MAX(+)	7.872	11.268	0.838	0.422	0.128	1.795
			MAX(-)	0.100	13.368	-0.720	-0.381	-0.108	-2.545
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	FO	EF	EM	ET
4	5	-0.539	MAX(+)	0.100	13.368	1.273	0.669	0.196	2.760
			MAX(-)	7.872	11.468	-1.485	-0.730	-0.210	-4.870
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	FO	EF	EM	ET
5	1	-0.171	MAX(+)	7.872	12.768	0.278	0.140	0.064	0.546
			MAX(-)	0.000	6.484	-0.291	-0.166	-0.034	-1.076
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	FO	EF	EM	ET
5	6	270.672	MAX(+)	0.000	6.484	89.949	34.185	21.924	650.729
			MAX(-)	7.872	12.768	-13.262	-5.849	-0.049	373.487

I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
6	2	-0.103	MAX(+)	0.000	6.484	0.396	0.187	0.025	0.871
			MAX(-)	7.872	13.551	-0.357	-0.175	-0.118	-1.231
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
6	7	271.429	MAX(+)	0.372	7.110	60.172	34.932	25.773	605.609
			MAX(-)	6.808	32.347	0.020	-0.005	-0.047	407.102
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
7	3	-0.111	MAX(+)	0.100	10.368	0.365	0.193	0.028	0.812
			MAX(-)	7.872	12.768	-0.374	-0.189	-0.124	-1.308
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
7	8	270.650	MAX(+)	2.872	5.610	46.583	17.155	39.760	574.498
			MAX(-)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	405.976
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
8	4	-0.131	MAX(+)	0.100	12.168	0.369	0.200	0.042	0.825
			MAX(-)	7.872	12.768	-0.399	-0.223	-0.097	-1.390
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
8	9	272.164	MAX(+)	7.500	6.384	59.016	26.701	26.634	593.591
			MAX(-)	0.000	2.184	3.119	-0.071	0.000	413.708
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
9	5	-0.234	MAX(+)	0.100	13.268	0.985	0.518	0.160	2.425
			MAX(-)	7.872	11.268	-1.108	-0.545	-0.154	-3.377
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
9	10	272.730	MAX(+)	7.872	6.384	90.175	34.111	28.115	663.395
			MAX(-)	0.100	9.868	-13.262	-5.187	-0.022	377.609
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
10	6	0.649	MAX(+)	0.000	6.484	0.958	0.374	0.093	3.383
			MAX(-)	7.872	11.468	-0.620	-0.296	-0.157	-0.814
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
10	7	-4.286	MAX(+)	2.500	4.884	13.887	2.779	2.137	25.733
			MAX(-)	0.000	3.384	-3.073	-0.699	-1.928	-15.854
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
11	7	-3.653	MAX(+)	2.500	4.884	13.900	2.903	2.175	26.949
			MAX(-)	0.000	3.384	-2.544	-0.562	-2.133	-14.063
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
11	8	-5.668	MAX(+)	2.872	5.610	15.165	3.499	2.491	27.555
			MAX(-)	0.000	6.284	-11.704	-1.471	-2.949	-36.025

I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
12	8	-5.075	MAX(+)	2.872	5.610	15.424	3.607	2.514	29.101
			MAX(-)	7.872	6.384	-8.943	-1.588	-2.000	-28.957
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
12	9	-4.758	MAX(+)	5.372	5.610	14.189	2.684	1.312	24.186
			MAX(-)	0.072	5.284	-5.200	-0.834	-2.456	-21.352
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
13	9	-4.203	MAX(+)	5.372	5.610	14.285	2.679	1.405	25.319
			MAX(-)	0.072	6.584	-4.796	-0.779	-2.574	-19.895
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
13	10	-0.547	MAX(+)	7.872	6.384	0.259	0.033	0.018	-0.282
			MAX(-)	4.072	5.610	-0.329	-0.051	-0.163	-1.728
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
14	6	270.426	MAX(+)	0.000	6.484	89.228	33.804	22.001	648.618
			MAX(-)	7.872	6.368	-12.732	-5.438	-0.039	374.696
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
14	11	405.702	MAX(+)	0.100	11.268	127.642	51.521	33.516	963.949
			MAX(-)	7.872	12.668	-21.149	-8.540	0.000	557.993
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
15	7	271.209	MAX(+)	0.372	7.110	59.955	34.799	25.838	604.789
			MAX(-)	6.808	32.347	0.021	-0.004	-0.044	406.777
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
15	12	407.664	MAX(+)	0.100	11.768	89.664	37.771	40.655	889.186
			MAX(-)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	611.496
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
16	8	270.464	MAX(+)	2.872	5.610	46.435	17.082	39.760	573.846
			MAX(-)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	405.697
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
16	13	407.652	MAX(+)	2.872	11.994	61.444	23.643	58.132	843.819
			MAX(-)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	611.478
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
17	9	271.998	MAX(+)	7.500	6.384	59.162	26.753	26.500	593.480
			MAX(-)	0.000	2.284	3.155	-0.074	0.000	413.518
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
17	14	408.146	MAX(+)	7.872	11.268	88.624	35.156	48.441	895.807
			MAX(-)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	612.219

I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
18	10	272.532	MAX(+)	7.872	6.384	89.918	33.849	28.074	662.185
			MAX(-)	0.100	8.768	-12.965	-4.985	-0.020	378.146
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
18	15	406.664	MAX(+)	7.872	12.768	129.444	50.453	44.085	982.862
			MAX(-)	0.100	12.568	-19.392	-7.886	0.000	563.551
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
19	11	0.226	MAX(+)	0.100	12.768	0.825	0.381	0.085	2.512
			MAX(-)	7.872	14.468	-0.728	-0.364	-0.162	-1.749
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
19	12	-5.219	MAX(+)	2.500	11.268	14.780	4.278	3.614	30.393
			MAX(-)	0.100	9.668	-1.282	-0.896	-2.282	-14.884
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
20	12	-4.998	MAX(+)	2.500	11.268	14.908	4.431	3.641	31.222
			MAX(-)	0.100	9.668	-0.551	-0.705	-2.647	-13.509
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
20	13	-7.191	MAX(+)	5.000	11.268	16.842	5.776	4.677	34.957
			MAX(-)	0.100	11.168	-8.720	-1.625	-3.606	-34.199
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
21	13	-6.992	MAX(+)	2.872	11.994	16.862	5.839	3.701	33.920
			MAX(-)	7.872	12.768	-9.554	-2.115	-1.997	-33.711
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
21	14	-5.439	MAX(+)	5.372	11.994	14.782	4.356	2.008	27.774
			MAX(-)	0.072	11.168	-5.542	-1.208	-2.524	-23.649
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
22	14	-5.266	MAX(+)	5.372	11.994	14.684	4.231	2.094	27.800
			MAX(-)	0.072	11.068	-4.865	-0.952	-2.742	-22.123
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
22	15	-0.166	MAX(+)	7.872	12.768	0.644	0.268	0.088	1.434
			MAX(-)	0.100	12.768	-0.584	-0.293	-0.106	-1.890
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
23	11	405.607	MAX(+)	0.100	11.268	127.243	51.293	33.555	962.811
			MAX(-)	7.872	12.568	-20.763	-8.352	0.000	558.820
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
23	16	406.619	MAX(+)	0.100	17.651	128.447	51.264	33.652	966.580
			MAX(-)	7.872	17.851	-20.952	-8.309	0.000	560.065

I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
24	12	407.573	MAX(+)	0.100	11.768	89.371	37.656	40.808	888.583
			MAX(-)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	611.360
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
24	17	408.106	MAX(+)	0.100	17.151	88.827	37.708	40.906	888.636
			MAX(-)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	612.159
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
25	13	407.587	MAX(+)	2.872	11.994	61.314	23.597	58.167	843.471
			MAX(-)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	611.380
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
25	18	407.587	MAX(+)	5.000	17.651	61.314	23.590	57.908	843.072
			MAX(-)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	611.380
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
26	14	408.106	MAX(+)	7.872	11.268	88.914	35.263	48.307	896.226
			MAX(-)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	612.159
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
26	19	407.573	MAX(+)	7.872	17.651	89.451	35.168	48.288	896.215
			MAX(-)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	611.360
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
27	15	406.619	MAX(+)	7.872	12.768	129.501	50.453	44.054	982.848
			MAX(-)	0.100	12.568	-19.431	-7.890	0.000	563.409
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
27	20	405.607	MAX(+)	7.872	17.451	129.576	50.174	43.954	980.895
			MAX(-)	0.100	16.451	-19.108	-7.775	0.000	562.641
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
28	16	-0.166	MAX(+)	0.100	19.151	0.636	0.258	0.054	1.355
			MAX(-)	7.872	17.551	-0.593	-0.288	-0.154	-1.969
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
28	17	-5.266	MAX(+)	2.500	17.651	14.684	4.239	3.616	30.094
			MAX(-)	0.100	16.151	-1.320	-0.998	-2.181	-15.025
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
29	17	-5.439	MAX(+)	2.500	17.651	14.782	4.363	3.606	30.181
			MAX(-)	0.100	16.151	-0.590	-0.817	-2.548	-14.261
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
29	18	-6.992	MAX(+)	5.000	17.651	16.862	5.828	4.667	35.352
			MAX(-)	0.100	17.651	-8.881	-1.666	-3.499	-34.087

I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
30	18	-7.191	MAX(+)	2.872	18.378	16.842	5.771	3.695	33.476
			MAX(-)	7.872	19.151	-9.199	-2.051	-2.065	-33.383
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
30	19	-4.998	MAX(+)	5.372	18.378	14.908	4.408	2.011	28.744
			MAX(-)	0.072	17.651	-5.686	-1.248	-2.424	-23.155
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
31	19	-5.219	MAX(+)	5.372	18.378	14.780	4.253	2.064	28.031
			MAX(-)	0.072	17.751	-5.032	-0.998	-2.660	-22.297
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
31	20	0.226	MAX(+)	7.872	12.651	0.827	0.373	0.139	2.584
			MAX(-)	0.100	16.151	-0.714	-0.369	-0.106	-1.647
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
32	16	406.664	MAX(+)	0.100	17.651	128.378	51.271	33.674	966.566
			MAX(-)	7.872	17.851	-20.908	-8.307	0.000	560.215
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
32	21	272.532	MAX(+)	0.100	22.535	88.070	34.736	21.322	650.091
			MAX(-)	7.872	22.651	-13.593	-5.148	-0.040	376.753
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
33	17	408.146	MAX(+)	0.100	17.151	88.558	37.593	41.076	888.299
			MAX(-)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	612.219
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
33	22	271.998	MAX(+)	1.036	22.898	56.055	26.213	27.479	588.594
			MAX(-)	7.872	31.935	-0.099	-0.089	0.000	407.687
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
34	18	407.652	MAX(+)	5.000	17.651	61.444	23.638	57.905	843.477
			MAX(-)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	611.478
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
34	23	270.464	MAX(+)	5.000	24.035	46.435	17.165	39.829	574.074
			MAX(-)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	465.697
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
35	19	407.664	MAX(+)	7.872	17.651	89.759	35.286	48.176	896.909
			MAX(-)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	611.496
I	K	EP	(+)/(-)	XO	YO	FO	EF	EM	ET
35	24	271.209	MAX(+)	7.800	22.535	60.835	24.888	33.237	602.591
			MAX(-)	0.100	27.035	4.593	-0.105	0.000	414.854

I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
36	20	405.702	MAX(+)	7.872	17.451	130.028	50.395	43.945	982.162
			MAX(-)	0.100	16.451	-19.496	-7.966	0.000	561.803
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
36	25	270.426	MAX(+)	7.872	21.135	131.180	34.645	27.833	733.513
			MAX(-)	0.100	20.151	-12.504	-5.017	-0.019	375.764
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
37	21	-0.547	MAX(+)	0.100	24.035	0.230	0.032	0.011	-0.342
			MAX(-)	3.800	24.035	-0.329	-0.050	-0.183	-1.756
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
37	22	-4.203	MAX(+)	2.500	24.035	14.285	2.735	2.221	26.629
			MAX(-)	0.100	22.035	-1.531	-1.035	-1.863	-13.383
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
38	22	-4.758	MAX(+)	2.500	24.035	14.189	2.742	2.237	25.659
			MAX(-)	0.100	22.035	-1.078	-0.924	-2.083	-13.572
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
38	23	-5.075	MAX(+)	5.000	24.035	15.424	3.670	3.297	30.371
			MAX(-)	0.100	24.535	-8.136	-1.489	-2.888	-28.702
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
39	23	-5.668	MAX(+)	5.000	24.035	15.165	3.560	3.305	28.864
			MAX(-)	7.872	25.535	-8.766	-1.502	-1.975	-29.365
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
39	24	-3.653	MAX(+)	5.372	24.762	13.900	2.994	1.414	25.945
			MAX(-)	0.072	23.335	-5.115	-0.983	-2.243	-19.449
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
40	24	-4.286	MAX(+)	5.372	24.762	13.887	2.868	1.402	24.765
			MAX(-)	0.072	23.535	-4.751	-0.824	-2.420	-19.775
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
40	25	0.649	MAX(+)	7.872	18.135	1.038	0.366	0.132	3.572
			MAX(-)	0.100	17.951	-0.607	-0.297	-0.111	-0.724
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
41	21	272.730	MAX(+)	0.100	22.535	88.359	35.002	21.310	651.284
			MAX(-)	7.872	22.551	-13.906	-5.337	-0.043	376.201
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
41	26	-0.234	MAX(+)	7.872	17.151	-1.004	-0.507	-0.240	-2.562
			MAX(-)	0.100	18.951	-1.070	-0.554	-0.089	-3.224

I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FO	EF	EM	ET
42	22	272.164	MAX(+)	0.072	23.262	59.546	25.295	28.851	595.756
			MAX(-)	7.872	31.935	-0.098	-0.086	0.000	407.943
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FO	EF	EM	ET
42	27	-0.131	MAX(+)	7.872	17.851	0.380	0.198	0.072	0.885
			MAX(-)	0.100	16.351	-0.388	-0.217	-0.061	-1.308
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FO	EF	EM	ET
43	23	270.650	MAX(+)	5.000	24.035	46.583	17.239	39.847	574.756
			MAX(-)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	405.976
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FO	EF	EM	ET
43	28	-0.113	MAX(+)	7.872	19.151	0.382	0.196	0.051	0.883
			MAX(-)	0.100	16.451	-0.369	-0.199	-0.089	-1.260
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FO	EF	EM	ET
44	24	271.429	MAX(+)	7.800	22.535	61.073	24.991	33.193	603.435
			MAX(-)	0.100	26.835	4.683	-0.108	0.000	415.341
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FO	EF	EM	ET
44	29	-0.103	MAX(+)	7.872	17.135	0.372	0.172	0.039	0.826
			MAX(-)	0.100	15.868	-0.351	-0.181	-0.088	-1.185
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FO	EF	EM	ET
45	25	270.672	MAX(+)	7.872	21.135	132.061	35.015	27.815	735.982
			MAX(-)	0.100	20.051	-13.076	-5.332	-0.025	374.631
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FO	EF	EM	ET
45	30	-0.171	MAX(+)	0.100	17.651	0.271	0.143	0.042	0.504
			MAX(-)	7.872	18.535	-0.325	-0.164	-0.051	-1.160
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FO	EF	EM	ET
46	26	-0.539	MAX(+)	7.872	17.051	1.297	0.654	0.299	2.936
			MAX(-)	0.100	18.651	-1.435	-0.744	-0.122	-4.669
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FO	EF	EM	ET
46	27	-0.350	MAX(+)	0.100	17.351	0.813	0.422	0.075	1.671
			MAX(-)	7.872	17.051	-0.735	-0.371	-0.166	-2.643
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FO	EF	EM	ET
47	27	-0.827	MAX(+)	7.872	16.951	0.337	0.173	0.063	-0.285
			MAX(-)	0.100	16.351	-0.358	-0.193	-0.052	-2.248
I	K	EP	(+)/(-)	XQ	YQ	FO	EF	EM	ET
47	28	-0.232	MAX(+)	0.100	16.451	0.528	0.282	0.075	-1.131
			MAX(-)	7.872	16.951	-0.502	-0.257	-0.090	-1.765

I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
48	28	-0.654	MAX(+)	7.872	16.751	0.570	0.290	0.094	0.611
			MAX(-)	0.100	16.251	-0.585	-0.311	-0.089	-2.626
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
48	29	-0.527	MAX(+)	0.100	15.951	0.473	0.252	0.080	0.552
			MAX(-)	7.872	18.051	-0.475	-0.238	-0.070	-2.100
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
49	29	-0.903	MAX(+)	7.872	16.851	0.594	0.283	0.069	0.234
			MAX(-)	0.100	16.651	-0.582	-0.309	-0.112	-3.027
I	K	EP	(+)/(-)	X0	Y0	F0	EF	EM	ET
49	30	0.388	MAX(+)	0.100	16.651	0.803	0.427	0.152	2.884
			MAX(-)	7.872	15.951	-0.808	-0.380	-0.090	-1.565

CAPÍTULO IX

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para uma melhor avaliação dos resultados encontrados pelo programa GRELHA, será feita uma análise comparativa com os seguintes métodos:

- Método de ENGESSER-COURBON
- Método de GUYON-MASSONNET-BARÈS
- Método de LEONHARDT

9.1 - Comparação dos Coeficientes de Distribuição Transversal

Os coeficientes de distribuição transversal, fornecidos pelo programa GRELHA, poderão ser utilizados para a determinação dos esforços cortantes máximos, conforme foi explicado no item 6.5.

Nos quadros comparativos, mostrados a seguir, são apresentados os coeficientes de distribuição para duas seções situadas na longarina extrema, correspondente ao exemplo 1 (capítulo VII).

SEÇÃO S1 - MEMBRO 23, Nº 11

LONGARINA	COURBON	GUYON	LEONHARDT	PROGRAMA
1	0,600	0,645	0,616	0,581
2	0,400	0,413	0,391	0,384
3	0,200	0,180	0,183	0,192
4	0,000	-0,015	-0,006	0,010
5	-0,200	-0,208	-0,185	-0,167

SEÇÃO S2 - MEMBRO 14, Nº 6

LONGARINA	COURBON	GUYON	LEONHARDT	PROGRAMA
1	0,600	0,645	0,616	0,597
2	0,400	0,413	0,391	0,372
3	0,200	0,180	0,183	0,177
4	0,000	-0,015	-0,006	0,007
5	-0,200	-0,208	-0,185	-0,153

De acordo com os valores encontrados, podemos verificar que os coeficientes, calculados pelo programa, são bem próximos aos obtidos pelos métodos tradicionais. Por outro lado, podemos também constatar que os coeficientes determinados por estes métodos, para duas seções na mesma longarina, são exatamente os mesmos enquanto que tais valores são ligeiramente diferentes no programa GRELHA.

9.2 - Comparação dos Momentos Fletores Máximos

Os momentos fletores máximos devidos às cargas móveis, obtidos pelo programa GRELHA, serão comparados com os fornecidos pelos métodos tradicionais e também por um programa de computador tipo STRESS. Neste último processo, os momentos fletores são determinados através de coeficientes de distribuição transversal, calculados por um programa para a obtenção de esforços em estruturas reticuladas.

No quadro comparativo, apresentado a seguir, são mostrados os momentos fletores máximos, devido às cargas móveis, correspondentes ao exemplo 1 (capítulo VIII).

MOMENTOS FLETORES MÁXIMOS (mtf)

Nº	MEMBRO	COURBON	GUYON	LEONHARDT	STRESS	PROGRAMA
11	23	202,68	214,12	203,34	196,65	199,34
11	23	-38,30	-41,43	-37,40	-30,23	-28,82
12	24	156,31	156,85	156,30	147,02	151,36
13	25	132,61	114,94	121,33	118,11	130,13
6	14	130,95	138,28	131,31	125,46	134,74
6	14	-24,61	-26,63	-24,01	-17,59	-18,16
7	15	100,17	101,51	101,19	98,52	102,24
8	16	75,10	77,84	78,96	90,87	94,03

Pela verificação do quadro comparativo, podemos observar que os esforços máximos, fornecidos pelo programa, estão compatíveis com os valores calculados pelos métodos apresentados.

CAPÍTULO XCONCLUSÕES

Em pontes rodoviárias tipo grelha, os momentos fletores máximos podem ser obtidos por um programa de computador, levando-se em conta o conceito de superfícies de influência. A descontinuidade e a irregularidade dessas superfícies para os esforços cortantes dificultam a utilização de um processo iterativo. Para solucionar esse impasse, os esforços cortantes máximos poderão ser determinados a partir dos coeficientes de distribuição transversal.

A rapidez e a versatilidade de um programa de computador, traz amplas vantagens sobre os métodos numéricos tradicionais, como por exemplo, a possibilidade do cálculo de pontes contínuas ou esconsas. Além disso, a eficiência do método proposto é demonstrada pelas comparações efetuadas com os processos existentes, já comprovados experimentalmente. Portanto este estudo poderá ser amplamente aproveitado nos projetos estruturais de pontes rodoviárias, acarretando maior economia de tempo e maior precisão nos resultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SAWKO, F. e Willcoock - Automatic Design of Prestressed Concrete Bridges by Eletronic Computer - Concrete Bridge Design, ACI, Vol. 2, 1971.
2. SAWKO, F. e Willcoock - Computer Analisys of Bridges Having Varying Section Properties - The Structural Engineer, nov. 1967, nº 11.
3. MASSONNET, Ch. - Compléments a la Méthode de Calcul des Ponts a Poutres Multiples - Annales de L'Institut Technique du Batiment et des Travaux Publics - jan. 1962, nº 169.
4. BAREŠ, Richard e Ch. Massonnet - Le Calcul des Grillages des Poutres et Dalles Orthotropes - Dunod Éditeur, Paris, 1966.
5. MARTIN, José San - Método de Leonhardt para o Cálculo de Tabuleiros de Pontes como Grelha - Boletim do DAER, nº 58, 1953.
6. MARTIN, José San - Tabuleiros de Pontes como Grelha pelo Método de Engesser-Courbon - Boletim do DAER, nº 50, 1951.
7. MARTIN, José San - Cálculo de Tabuleiros de Pontes pelo Método de Gyon-Massonnet - Boletim do DAER, nº 82, 1964.

8. TROITSKY, M.S. - Orthotropic Bridges Theory and Design -
The James Lincoln Arc Welding Foundation, 1967.
9. SZILARD, Rudolph - Theory and Analysis of Plates
Prentice Hall, 1974.
10. FERRAZ, Figueiredo - Contribuição ao Estudo das Grelhas -
tese apresentada à Escola Politécnica da U.S.P.,
1951.
11. VAZ, Luiz Eloy - Cálculo de Placas e Grelhas Delgadas e
Espessas pelo Método dos Elementos Finitos -
tese de M.Sc. pela COPPE, UFRJ, 1973.
12. GERE, James M. e Weaver Jr. - Analysis of Framed
Structures - Van Nostrand Company, 1965.
13. Ghali, A e Neville M. - Structural Analysis, a Unified
Classical and Matrix Approach - Intext Educ.
Publis., 1972.
14. AYER, François N. e Cornell, C. Allin - Grid Moment
Maximization by Mathematical Programming - Journal
of the Structural Division, ASCE, Vol.94, Fev.1968.
15. BOGNER, F.K., Schmit e Fox - Finite Deflection
Structural Analysis - AIAA Journal, nº 5, maio
1968.
16. O'CONNOR, Colin - Design of Bridge Superstructures -
Wiley Interscience, 1972.

17. WEAVER Jr., William - Computer Programs for Structural Analysis Van Nostrand Comp., N.Y., 1967.
18. BRENT, Richard P. - Algorithms for Minimization Without Derivatives Prantice Hall, 1973.
19. ZIENKIEWICZ, O.C. e Gallaher - Optimum Structural Design - John Wiley e Sons, 1973
20. PACITTI, Tércio - Fortran Monitor - Livros Técnicos e Científicos, 1975.
21. PACITTI, Tércio e Cyril P. Atkinson - Programação e Métodos Computacionais Vols. 1 e 2, Livros Técnicos e Científicos, 1975.
22. SORIANO, H. Lima - Cálculo Automático do Efeito de Vento em Estruturas de Edifícios - tese para obtenção do M.Sc., COPPE, UFRJ, 1971.
23. NORMA NB6 (1960) - Cargas-Móveis em Pontes Rodoviárias - ABNT.

ANEXO I - LISTAGEM DO PROGRAMA GRELHA

```

=====
HENRIQUE INNECCO LONGO - COPPE / UFRJ - CURSO CIVIL / ESTRUTURAS
TESE DE MESTRADO -          ESFORÇOS MAXIMOS EM PONTES TIPO GRELHA
=====

```

P R O G R A M A P R I N C I P A L G R E L H A

```

REAL L(85),IX(85),IY(85)
INTEGER RL(150),CRL(150),UBW
COMMON M,NJ,NR,NRJ,E,G,N,L,IX,IY,ERRD,ND,CRL,RL,I,UBW,
1 J1A,J2A,J3A,K1A,K2A,K3A,VA,VB1,VB2,DA,DB,PF,PM,JDESC,XR1,YR1,
2 STET,CTETA,P1,P2,P3,P4,P5,P6,NLG,XGRP,YGRP,SS,FD,XMAX,YMAX,
3 WMAX,XLOC,YLOC,FLOC,EF,EM,
4 X(50),Y(50),JJ(85),JK(85),CX(85),CY(85),SMR(6,6),S(150,21),
5 D(150),AM(6,85,50),A(150),W(50),XGR(50),YGR(50),DX(50),DY(50),
6 DXA(50),DXD(50),DYA(50),DYD(50)
DIMENSION AP(85,6)

```

IMPRESSAO DE TITULOS DO PROGRAMA

WRITE(5,1313)

WRITE(5,5)

FORMAT('COORDENACAO DOS PROGRAMAS DE POS-GRADUACAO EM '

1 'ENGENHARIA - COPPE/UFRJ',//)

WRITE(5,6)

FORMAT('PROGRAMA DE ENGENHARIA CIVIL -AREA ESTRUTURAS- '

1 'HENRIQUE INNECCO LONGO',//)

WRITE(5,7)

FORMAT('TESE DE MESTRADO -',13X,'ESFORÇOS MAXIMOS EM ',

1 'PONTES TIPO GRELHA')

WRITE(5,1313)

WRITE(5,9)

FORMAT('1')

WRITE(5,1313)

WRITE(5,10)

FORMAT(23X,'P R O G R A M A G R E L H A')

WRITE(5,1313)

READ(8,15)

FORMAT('

1 ' ')

WRITE(5,15)

WRITE(5,1313)

WRITE(5,9)

SUBROTINA PARA LEITURA E IMPRESSAO DE DADOS CARACTERISTICOS DA
ESTRUTURA

CALL DADOS
IF (ERRO) 20,20,4000
CONTINUE

SUBROTINA PARA MONTAGEM DA MATRIZ DE RIGIDEZ GERAL DA ESTRUTURA

CALL MONTA
IF (ERRO) 25,25,4000
CONTINUE

CHAMADA DA SUBROTINA QUE DECOMPOE A SEMI - BANDA SUPERIOR DA MA-
TRIZ (S), ARMAZENADA COMO MATRIZ RETANGULAR, EM MATRIZ TRIANGULAR
SUPERIOR

CALL DECOM
IF (ERRO) 27,27,4000
CONTINUE

CALCULO DOS ESFORÇOS DEVIDO AS CARGAS PERMANENTES

WRITE (5,9)
WRITE (5,1313)
CALL FERMA (AP)
WRITE (5,1313)

SUBROTINA PARA DETERMINACAO DAS ORDENADAS DAS SUPERFICIES DE IN-
FLUENCIAS NOS PONTOS NODAIS DA ESTRUTURA

CALL SUPER
IF (ERRO) 28,28,4000
CONTINUE

CORRECAO DO SINAL DO NO FINAL DO MEMBRO

DO 30 I=1,M
DO 30 K=1,NJ
DO 30 J=1,6
IF (J-3) 30,30,29
AM(J,I,K) = -1.*AM(J,I,K)
CONTINUE

IMPRESSAO DAS ORDENADAS DA SUPERFICIE DE INFLUENCIA NAS JUNTAS

READ (8,32) ISU
FORMAT (I10)
IF (ISU) 33,37,33

WRITE (5,9)
WRITE (5,1313)
WRITE (5,34)

FORMAT (I16, 'ORDENADAS DA SUPERFICIE DE INFLUENCIA')
DO 37 I = 1,M
WRITE (5,1313)
II = I


```

35 WRITE (5,35) 1,II
   FORMAT (T3,'POSICAO',T16,'MEMBRO',I3,' = NO INICIAL',T46,
1'MEMBRO',I3,' = NO FINAL',/,T5,'DE',/,T3,'P = -1T',T16,'MT',
2T26,'MF',T36,'Q',T46,'MT',T56,'MF',T66,'Q')
   WRITE (5,1313)
   WRITE (5,36) (K,(AM(J,I,K),J=1,6),K=1,NJ)
36 FORMAT (I5,5X,6F10.3)
37 CONTINUE
   WRITE (5,1313)

C
C COEFICIENTES DE DISTRIBUICAO TRANSVERSAL
   WRITE (5,9)
   WRITE (5,1313)
   WRITE (5,370)
370 FORMAT(T20,'COEFICIENTES DE DISTRIBUICAO TRANSVERSAL')
   WRITE (5,1313)
   LEITURA DA SECAO
371 READ (8,372) JCD,ICD
372 FORMAT (2I10)
373 FORMAT (T3,'SECAO',T13,'I = ',I3,T23,'K = ',I3,/)
   IF (JCD) 390,390,374
374 WRITE (5,373) ICD,JCD
   IF (JCD-JJ(ICD)) 390,375,376
375 JCD = 2
   GO TO 377
376 JCD=5
   SOMA DAS ORDENADAS
377 SO = 0.
   DO 378 I1=1,NJ
378 SO=SO+AM(JCD,ICD,I1)
   NUMERO DE LONGARINAS
   DO 380 K=1,NJ
   IF (Y(K+1) - Y(K)) 390,380,381
380 CONTINUE
381 NLG = K
C COEFICIENTES PARA CADA LONGARINA
   DO 387 I2= 1,NLG
   SL = 0.
   DO 383 I3 = I2,NJ,NLG
383 SL = SL + AM(JCD,ICD,I3)
   CD = SL/SO
   WRITE (5,385) I2,CD
385 FORMAT (T3,'LONGARINA',I2,T21,F8.5)
387 CONTINUE
   GO TO 371
390 CONTINUE
   WRITE (5,1313)

```

```

C LEITURA E IMPRESSAO DAS CARACTERISTICAS DO VEICULO
C WRITE (5,9)
WRITE (5,1313)
WRITE (5,39)
39 FORMAT (T19, 'CARACTERISTICAS DAS CARGAS MOVEIS')
WRITE (5,1313)
READ (8,40) VA,VB1,VB2,DA,DB
40 FORMAT (5F10.0)
WRITE (5,43)
43 FORMAT (T3, 'DIMENSÕES DO VEICULO',/)
WRITE (5,45) VA,VB1,VB2,DA,DB
45 1 FORMAT (T5, 'VA =',F8.3,T26, 'VB1 =',F8.3,T46, 'VB2 =',F8.3,/,
T5, 'DA =',F8.3,T26, 'DB =',F8.3)

```

```

C LEITURA E IMPRESSAO DAS CARGAS CONCENTRADAS DAS RODAS
C READ (8,47) P1,P2,P3,P4,P5,P6
47 FORMAT (6F10.0)
WRITE (5,1313)
WRITE (5,50)
50 FORMAT (T3, 'CARGAS CONCENTRADAS DAS RODAS',/)
WRITE (5,53) P1,P2,P3,P4,P5,P6
53 1 FORMAT (T5, 'P1 =',F8.3,T26, 'P2 =',F8.3,T46, 'P3 =',F8.3,/,
T5, 'P4 =',F8.3,T26, 'P5 =',F8.3,T46, 'P6 =',F8.3)

```

```

C LEITURA DAS CARGAS DE MULTIDAO DENTRO E FORA DA FAIXA
C READ (8,55) PF,PM
55 FORMAT (2F10.0)
WRITE (5,1313)
WRITE (5,57)
57 FORMAT (T3, 'CARGAS DE MULTIDAO DENTRO E FORA DA FAIXA',/)
WRITE (5,60) PF,PM
60 1 FORMAT (T5, 'PF =',F8.3,T26, 'PM =',F8.3)

```

```

C LEITURA E IMPRESSAO DOS COEFICIENTES DE SEGURANCA
C READ (8,62) GFO,GF,GM,GP
62 FORMAT (4F10.0)
WRITE (5,1313)
WRITE (5,63)
63 FORMAT (T3, 'COEFICIENTES DE SEGURANCA',/)
WRITE (5,64) GFO,GF,GM,GP
64 1 FORMAT (T5, 'GFO =',F8.3,T26, 'GF =',F8.3,T46, 'GM =',F8.3,/,
T5, 'GP =',F8.3)
WRITE (5,1313)

```

```

C DEFINICAO DO INDICE DA ENVOLTORIA
C IE = 2
WRITE (5,9)
WRITE (5,1314)
C

```

```

C IMPRESSAO DAS ORDENADAS DA ENVOLTORIA DOS ESFORÇOS MAXIMOS
WRITE(5,77)
77 FORMAT(T18,'E N V O L T O R I A D E M O M E N T O ',
1 'F L E T O R ')
WRITE(5,1314)
WRITE(5,86)
86 FORMAT(T5,'SECAO',T15,'CARGA',T25,'SINAL',T34,'POSICAO DA RODA',
1 'R1',T55,'FUNCAO',T64,'CARGAS DE MULTIDAO',T85,'ESFORÇO ')
WRITE(5,87)
87 FORMAT(T13,'PERMANENTE',T54,'OBJETIVA',T86,'TOTAL')
WRITE(5,1314)

C
C DETERMINACAO DAS ORDENADAS DA SUPERFICIE DE INFLUENCIA NA SECAO
C CORRESPONDENTE AO MEMBRO I E NO JOESC
DO 4000 IM=1,M
DO 4000 J=IE,6,3
WRITE(5,88)
88 FORMAT(T5,'I',T10,'K',T17,'EP',T24,'(+)/(-)',T37,'X0',T47,'Y0',
1 T57,'FO',T67,'EF',T77,'EM',T87,'ET')
DO 90 K=1,NJ
W(K)=AM(J,IM,K)
90
C
C DETERMINACAO DO NO DE DESCONTINUIDADE
IF (J-3) 100,100,95
95 JOESC=JK(IM)
GO TO 105
100 JOESC=JJ(IM)
105 CONTINUE

C
C ESFORÇO DEVIDO A CARGA PERMANENTE NA SECAO CONSIDERADA IM,J
EP=AP(IM,J)

C
C CORRECAO DO SINAL DO NO FINAL DO MEMBRO
IF (J-3) 210,210,200
200 EP = -1.*EP
210 CONTINUE

C
C CHAMADA DA SUBROTINA PARA CALCULO DOS ESFORÇOS TOTAIS MAXIMOS
C POSITIVOS E NEGATIVOS DEVIDO AS CARGAS MOVEIS
CALL FOMAX(EP,IM,GFO,GF,GM,GP)

C
1313 FORMAT (/,'-----')
1
1314 FORMAT (/,'-----')
1
1
WRITE(5,1315)
1315 FORMAT ('-----')
1
4000 CONTINUE
CALL EXIT
END

```

SUBROUTINE DADOS

C
C
C
C
C-----
LEITURA E IMPRESSAO DOS DADOS CARACTERISTICOS DA ESTRUTURA

```

REAL L(85),IX(85),IY(85)
INTEGER RL(150),CRL(150),UBW
COMMON M,NJ,NR,NRJ,E,G,N,L,IX,IY,ERRO,ND,CRL,RL,I,UBW,
1 J1A,J2A,J3A,K1A,K2A,K3A,VA,VB1,VB2,OA,OB,PF,PM,JDESC,XR1,YR1,
2 STETA,CTETA,P1,P2,P3,P4,P5,P6,NLG,XGRP,YGRP,SS,FO,XMAX,YMAX,
3 WMAX,XLOC,YLOC,FLOC,EF,EM,
4 X(50),Y(50),JJ(85),JK(85),CX(85),CY(85),SMR(6,5),S(150,21),
5 U(150),AM(6,85,50),A(150),W(50),XGR(50),YGR(50),DX(50),DY(50),
6 DXA(50),DXD(50),DYA(50),DYD(50)

```

C
C

LEITURA E IMPRESSAO DOS PARAMETROS E MODULO DE ELASTICIDADE

READ (8,10) M,NJ,NR,NRJ,E,G

10

FORMAT (4I10,2F10.0)

WRITE (5,1313)

WRITE (5,13)

13

FORMAT (T19,'DADOS CARACTERISTICOS DA ESTRUTURA')

WRITE (5,1313)

WRITE (5,15)

15

FORMAT (T3,'PARAMETROS E MODULOS DE ELASTICIDADE',/)

C

CALCULO DO NUMERO DE GRAUS DE LIBERDADE DA ESTRUTURA

N= 3 * NJ - NR

WRITE (5,25)

25

FORMAT (T5,'M',T15,'N',T24,'NJ',T34,'NR',T44,'NRJ',T55,'E',T65,

1 'G',/)

WRITE (5,30) M,N,NJ,NR,NRJ,E,G

30

FORMAT (I5,4I10,F15.0,F10.0)

C

```

C      IMPRESSAO DAS COORDENADAS DOS NOS
      WRITE (3,1313)
      WRITE (3,35)
35     FORMAT (T3,'COORDENADAS DOS NOS',/)
      WRITE (3,40)
40     FORMAT (T5,'J',T17,'X',T27,'Y',/)
      DO 50 IC = 1,NJ
      READ (8,45) J,X(J),Y(J)
45     FORMAT (I10,2F10.3)
50     WRITE(5,55) J,X(J),Y(J)
55     FORMAT (I5,F15.3,F10.3)
C
C      PROPRIEDADES E CARACTERISTICAS DOS MEMBROS
      WRITE (3,1313)
      WRITE (3,60)
60     FORMAT (T3,'PROPRIEDADES E CARACTERISTICAS DOS MEMBROS',/)
      WRITE (3,65)
65     FORMAT (T5,'I',T12,'JJ',T18,'JK',T26,'IX',T36,'IY',T47,'L',T57,
1      'CX',T57,'CY',/)
C      CALCULO DOS COSSENOs DIRETORES DOS MEMBROS
      DO 84 IC = 1,M
      READ (8,70) I,JJ(I),JK(I),IX(I),IY(I)
70     FORMAT(3I10,2F10.3)
      JJI = JJ(I)
      JKI = JK(I)
      XCL = X(JKI) - X(JJI)
      YCL = Y(JKI) - Y(JJI)
      L(I) = SQRT(XCL**2 + YCL**2)
      CX(I) = XCL / L(I)
      CY(I) = YCL / L(I)
      WRITE (3,80) I,JJ(I),JK(I),IX(I),IY(I),L(I),CX(I),CY(I)
80     FORMAT (I5,I8,I6,F11.5,F10.5,3F10.3)
C      VERIFICACAO DA NUMERACAO DOS NOS
      IF (JK(I) - JJ(I)) 82,82,84
82     WRITE (3,83) I
83     FORMAT (/,T3,'A BARRA',I3,' ESTA COM NUMERACAO ERRADA',/)
      ERRO = 1.
      GO TO 125
84     CONTINUE

```

```

C      IMPRESSAO DA LISTA DE RESTRICOES DOS NOS
      WRITE (5,1313)
      WRITE (5,85)
85     FORMAT (T3,'LISTA DE RESTRICOES DOS NOS',/)
      WRITE (5,90)
90     FORMAT (T5,'J',T14,'RLX',T24,'RLY',T34,'RLZ',/)
C      ZERAGEM DOS VETORES RL E CRL
      ND = 3 * NJ
      DO 95 K = 1,ND
      CRL(K) = 0
95     RL(K) = 0
      DO 105 IC = 1,NRJ
      READ (8,100) K,RL(3*K-2),RL(3*K-1),RL(3*K)
100    FORMAT (4I10)
105    WRITE (5,110) K,RL(3*K-2),RL(3*K-1),RL(3*K)
110    FORMAT (I5,3I10)
C      DETERMINACAO DA LISTA DE RESTRICOES ACUMULADAS
      CRL(1) = RL(1)
      DO 115 K=2,ND
115    CRL(K) = CRL(K-1) + RL(K)
      WRITE (5,1313)
1313  FORMAT (/,'-----')
1-----',/)
125   CONTINUE
      RETURN
      END

```

SUBROUTINE AUX

```

C -----
C GERACAO DA MATRIZ AUXILIAR (SMR) = (SM) * RT E A DETERMINACAO DA NU-
C MERACAO ORIGINAL DOS DESLOCAMENTOS EXTREMOS DOS ELEMENTOS
C -----

```

```

C
C REAL L(35),IX(85),IY(85)
C INTEGER RL(150),CRL(150),UBW
C COMMON M,NJ,NR,NRJ,E,G,N,L,IX,IY,ERRO,ND,CRL,RL,I,UBW,
1 J1A,J2A,J3A,K1A,K2A,K3A,VA,VB1,VB2,DA,DB,PF,PM,JDESC,XR1,YR1,
2 STETA,CTETA,P1,P2,P3,P4,P5,P6,NLG,XGRP,YGRP,SS,FO,XMAX,YMAX,
3 WMAX,XLOC,YLOC,FLOC,EF,EM,
4 X(50),Y(50),JJ(85),JK(85),CX(85),CY(85),SMR(6,6),S(150,21),
5 D(150),AM(6,85,50),A(150),W(50),XGR(50),YGR(50),DX(50),DY(50),
6 DXA(50),DXD(50),DYA(50),DYD(50)
C DIMENSION SM(6,6)

```

```

C DETERMINACAO DA MATRIZ DE RIGIDEZ (SM) DO ELEMENTO DE GRELHA RE-
C TO DE SECAO CONSTANTE NO SISTEMA LOCAL
C ZERAGEM DA MATRIZ (SM)

```

```
DO 10 J = 1,6
```

```
DO 10 K = 1,6
```

```
SM(J,K) = 0.
```

```
10 CALCULO DOS TERMOS DA DIAGONAL PRINCIPAL E OS NAO NULOS ABAIXO
```

```
SM(1,1) = G * IX(I) / L(I)
```

```
SM(2,2) = 4. * E * IY(I) / L(I)
```

```
SM(3,2) = - 6. * E * IY(I) / (L(I) ** 2)
```

```
SM(3,3) = 12. * E * IY(I) / (L(I) ** 3)
```

```
SM(4,1) = - G * IX(I) / L(I)
```

```
SM(4,4) = G * IX(I) / L(I)
```

```
SM(5,2) = 2. * E * IY(I) / L(I)
```

```
SM(5,3) = - 6. * E * IY(I) / (L(I) ** 2)
```

```
SM(5,5) = 4. * E * IY(I) / L(I)
```

```
SM(6,2) = 6. * E * IY(I) / (L(I) ** 2)
```

```
SM(6,3) = - 12. * E * IY(I) / (L(I) ** 3)
```

```
SM(6,5) = 6. * E * IY(I) / (L(I) ** 2)
```

```
SM(6,6) = 12. * E * IY(I) / (L(I) ** 3)
```

```

C DETERMINACAO DOS TERMOS SIMETRICOS ACIMA DA DIAGONAL PRINCIPAL
DO 15 J = 1,6
DO 15 K = 1,J
15 SM(K,J) = SM(J,K)
C
C GERACAO DA MATRIZ AUXILIAR (SMR) = (SM) * RT
DO 20 K = 1,2
DO 20 J = 1,6
SMR(J,3*K-2) = SM(J,3*K-2) * CX(I) - SM(J,3*K-1) * CY(I)
SMR(J,3*K-1) = SM(J,3*K-2) * CY(I) + SM(J,3*K-1) * CX(I)
20 SMR(J,3*K) = SM(J,3*K)
C
C NUMERACAO ORIGINAL DOS DESLOCAMENTOS NOS EXTREMOS DOS ELEMENTOS
J1A = 3 * JJ(I) - 2
J2A = 3 * JJ(I) - 1
J3A = 3 * JJ(I)
K1A = 3 * JK(I) - 2
K2A = 3 * JK(I) - 1
K3A = 3 * JK(I)
RETURN
END

```


SUBROUTINE MONTA

```

C
C -----
C MONTAGEM DA MATRIZ DE RIGIDEZ GLOBAL DA ESTRUTURA (S)
C -----
C
      REAL L(85),IX(85),IY(85)
      INTEGER RL(150),CRL(150),UBW,ROW,COL
      COMMON M,NJ,NR,NRJ,E,G,N,L,IX,IY,ERRO,ND,CRL,RL,I,UBW,
1 J1A,J2A,J3A,K1A,K2A,K3A,VA,VB1,VB2,DA,DB,PF,PM,JDESC,XR1,YR1,
2 STETA,C1ETA,P1,P2,P3,P4,P5,P6,NLG,XGRP,YGRP,SS,FO,XMAX,YMAX,
3 WMAX,XLOC,YLOC,FLOC,EF,EM,
4 X(50),Y(50),JJ(85),JK(85),CX(85),CY(85),SMR(6,5),S(150,21),
5 D(150),AM(6,85,50),A(150),W(50),XGR(50),YGR(50),DX(50),DY(50),
6 DXA(50),DXD(50),DYA(50),DYD(50)
      DIMENSION SMD(6,6)

C
C ZERAGEM DA MATRIZ (S)
      DO 120 K=1,N
      DO 120 J=1,21
120 S(K,J)=0.
C ZERAGEM DOS INDICES DE CONTROLE DE BANDA UBW E DE COLUNA COL
      UBW = 0
      COL = 0
C
C INICIO DA ITERACAO QUE PERCORRE TODOS OS ELEMENTOS DA ESTRUTURA
      DO 390 I = 1,M
C
C ----- CHAMADA DA SUBROTINA QUE GERA A MATRIZ AUXILIAR (SMR) E A NUME -
C RACAO DOS DESLOCAMENTOS NOS EXTREMOS DOS ELEMENTOS
      CALL AUX
C
C GERACAO DA MATRIZ DE RIGIDEZ DO ELEMENTO (SMD) = (RT)' * (SMR)
      NO SISTEMA GLOBAL
      DO 125 K=1,2
      DO 125 J=1,6

```

```

SMD(3*K-2,J) = CX(I)*SMR(3*K-2,J) - CY(I)*SMR(3*K-1,J)
SMD(3*K-1,J) = CY(I)*SMR(3*K-2,J) + CX(I)*SMR(3*K-1,J)
125 SMD(3*K,J) = SMR(3*K,J)
C   MONTAGEM DA MATRIZ DE RIGIDEZ (S) DA ESTRUTURA, ARMAZENANDO A SE-
C   MI-BANDA SUPERIOR DE (S) COMO MATRIZ RETANGULAR, SENDO ESTA MON-
C   TAGEM FEITA SIMULTANEAMENTE COM A RENUMERACAO DOS DESLOCAMENTOS
C   DA ESTRUTURA E COM A DECALAGEM PARA A ESQUERDA DA SEMI-BANDA
C
C   DISTRIBUICAO DOS ELEMENTOS DA LINHA 1 DE (SMD)
IF (RL(J1A)) 130,130,190
130 ROW = J1A - CRL(J1A)
COL = J1A - CRL(J1A) - ROW + 1
S(ROW,COL) = S(ROW,COL) + SMD(1,1)
IF (RL(J2A)) 135,135,140
135 COL = J2A - CRL(J2A) - ROW + 1
S(ROW,COL) = S(ROW,COL) + SMD(1,2)
140 IF (RL(J3A)) 145,145,150
145 COL = J3A - CRL(J3A) - ROW + 1
S(ROW,COL) = S(ROW,COL) + SMD(1,3)
150 IF (RL(K1A)) 155,155,160
155 COL = K1A - CRL(K1A) - ROW + 1
S(ROW,COL) = SMD(1,4)
160 IF (RL(K2A)) 165,165,170
165 COL = K2A - CRL(K2A) - ROW + 1
S(ROW,COL) = SMD(1,5)
170 IF (RL(K3A)) 175,175,180
175 COL = K3A - CRL(K3A) - ROW + 1
S(ROW,COL) = SMD(1,6)
C   CONTROLE DA LARGURA MAXIMA DE BANDA
180 IF (COL-UBW) 190,190,185
185 UBW = COL
C
C   DISTRIBUICAO DA LINHA 2 DE (SMD) A PARTIR DA DIAGONAL PRINCIPAL
190 IF (RL(J2A)) 195,195,245
195 ROW = J2A - CRL(J2A)
COL = J2A - CRL(J2A) - ROW + 1
S(ROW,COL) = S(ROW,COL) + SMD(2,2)
IF (RL(J3A)) 200,200,205

```

```

200 COL = J3A - CRL(J3A) - ROW + 1
   S(ROW,COL) = S(ROW,COL) + SMD(2,3)
205 IF (RL(K1A)) 210,210,215
210 COL = K1A - CRL(K1A) - ROW + 1
   S(ROW,COL) = SMD(2,4)
215 IF (RL(K2A)) 220,220,225
220 COL = K2A - CRL(K2A) - ROW + 1
   S(ROW,COL) = SMD(2,5)
225 IF (RL(K3A)) 230,230,235
230 COL = K3A - CRL(K3A) - ROW + 1
   S(ROW,COL) = SMD(2,6)
C   CONTROLE DA LARGURA MAXIMA DE BANDA
235 IF (COL-UBW) 245,245,240
240 UBW = COL
C
C   DISTRIBUICAO DA LINHA 3 DE (SMD) A PARTIR DA DIAGONAL PRINCIPAL
245 IF (RL(J3A)) 250,250,295
250 ROW = J3A - CRL(J3A)
   COL = J3A - CRL(J3A) - ROW + 1
   S(ROW,COL) = S(ROW,COL) + SMD(3,3)
   IF (RL(K1A)) 255,255,260
255 COL = K1A - CRL(K1A) - ROW + 1
   S(ROW,COL) = SMD(3,4)
260 IF (RL(K2A)) 265,265,270
265 COL = K2A - CRL(K2A) - ROW + 1
   S(ROW,COL) = SMD(3,5)
270 IF (RL(K3A)) 275,275,280
275 COL = K3A - CRL(K3A) - ROW + 1
   S(ROW,COL) = SMD(3,6)
C   CONTROLE DA LARGURA MAXIMA DE BANDA
280 IF (COL-UBW) 295,295,285
285 UBW = COL
C
C   DISTRIBUICAO DA LINHA 4 DE (SMD) A PARTIR DA DIAGONAL PRINCIPAL
295 IF (RL(K1A)) 300,300,335
300 ROW = K1A - CRL(K1A)
   COL = K1A - CRL(K1A) - ROW + 1
   S(ROW,COL) = S(ROW,COL) + SMD(4,4)

```

```

      IF (RL(K2A)) 310,310,315
310   COL = K2A - CRL(K2A) - ROW + 1
      S(ROW,COL) = S(ROW,COL) + SMD(4,5)
315   IF (RL(K3A)) 320,320,325
320   COL = K3A - CRL(K3A) - ROW + 1
      S(ROW,COL) = S(ROW,COL) + SMD(4,6)
C     CONTOLE DA LARGURA MAXIMA DE BANDA
325   IF (COL-UBW) 335,335,330
330   UBW = COL
C
C     DISTRIBUICAO DA LINHA 5 DE (SMD) A PARTIR DA DIAGONAL PRINCIPAL
335   IF (RL(K2A)) 340,340,360
340   ROW = K2A - CRL(K2A)
      COL = K2A - CRL(K2A) - ROW + 1
      S(ROW,COL) = S(ROW,COL) + SMD(5,5)
      IF (RL(K3A)) 345,345,350
345   COL = K3A - CRL(K3A) - ROW + 1
      S(ROW,COL) = S(ROW,COL) + SMD(5,6)
C     CONTOLE DA LARGURA MAXIMA DE BANDA
350   IF (COL-UBW) 360,360,355
355   UBW = COL
C
C     DISTRIBUICAO DA LINHA 6 DE (SMD) A PARTIR DA DIAGONAL PRINCIPAL
360   IF (RL(K3A)) 365,365,375
365   ROW = K3A - CRL(K3A)
      COL = K3A - CRL(K3A) - ROW + 1
      S(ROW,COL) = S(ROW,COL) + SMD(6,6)
C     CONTOLE DA LARGURA MAXIMA DE BANDA
      IF (COL-UBW) 375,375,370
370   UBW = COL
C     VERIFICACAO DA LARGURA MAXIMA DE BANDA
375   IF (UBW-21) 390,390,380
380   WRITE (5,385)
385   FORMAT(//,T3,'A LARGURA DE BANDA ULTRAPASSOU O VALOR MAXIMO',//)
      ERRO = 1.
390   CONTINUE
      RETURN
      END

```

SUBROUTINE DECOM

```

C
C -----
C SUBROTINA QUE DECOMPOE A MATRIZ RETANGULAR DA SEMI - BANDA SUPERIOR
C DA MATRIZ (S) EM MATRIZ TRIANGULAR SUPERIOR
C -----
C

```

```

      REAL L(35),IX(85),IY(85)
      INTEGER RL(150),CRL(150),UBW
      COMMON M,NJ,NR,NRJ,E,G,N,L,IX,IY,ERRD,ND,CRL,RL,I,UBW,
1  J1A,J2A,J3A,K1A,K2A,K3A,VA,VB1,VB2,DA,DB,PF,PM,JDESC,XR1,YR1,
2  STETA,CTETA,P1,P2,P3,P4,P5,P6,NLG,XGRP,YGRP,SS,FD,XMAX,YMAX,
3  WMAX,XLOC,YLOC,FLOC,EF,EM,
4  X(50),Y(50),JJ(85),JK(85),CX(85),CY(85),SMR(6,5),S(150,21),
5  D(150),AM(6,85,50),A(150),W(50),XGR(50),YGR(50),DX(50),DY(50),
6  DXA(50),DXD(50),DYA(50),DYD(50)

```

```

C
      DO 85 IL=1,N
      IP=N - IL + 1
      IF (UBW - IP) 10,15,15
10     IP = UBW
15     CONTINUE
      DO 85 J = 1,IP
      IQ = UBW - J
      IF(IL - 1 - IQ)20,25,25
20     IQ=IL-1
25     SUM=S(IL,J)
      IF (IQ - 1) 40,30,30
30     CONTINUE
      DO 35 K = 1,IQ
      IA=IL-K
      JA = J + K
35     SUM = SUM - S(IA,K+1) * S(IA,JA)
40     IF (J - 1) 45,50,45
45     S(IL,J)=SUM*TEMP
      GO TO 85

```

```

50  IF (SUM) 55,55,65
55  WRITE(5,60)IL,J,SJM
60  FORMAT (//,T3,'A SUBROTINA DECOM NAO E ADEQUADA PARA A RESOLUCAO
100 SISTEMA',//,T3,'IL=',I3,'.  J=',I3,'.  SUM =',F10.4,//)
    ERRO = 1.
    GO TO 100
65  IF (SUM - 0.1) 70,80,80
70  WRITE (5,75) SUM
75  FORMAT (//,T3,'SUM =',F8.5,' *** O PEQUENO VALOR DESTA VARIABEL
1  PODE TER INTRODUZIDO ERRO NA RESOLUCAO DO SISTEMA ***',//)
    ERRO = 1.
    GO TO 100
80  TEMP = 1. / SQRT(SUM)
    S(IL,J)=TEMP
85  CONTINUE
100 CONTINUE
    RETURN
    END

```

B6700/37700 F O R T R A N C O M P I L A T I O N M A R K 2.

SUBROUTINE RESOL

C
C
C
C
C
C

SUBROTINA QUE RESOLVE O SISTEMA DE EQUACOES PARTINDO DA MATRIZ TRI
ANGULAR OBTIDA PELA SUBROTINA DECOM

REAL L(35),IX(85),IY(85)
INTEGER RL(150),CRL(150),UBW
COMMON M,NJ,NR,NRJ,E,G,N,L,IX,IY,ERRO,NO,CRL,RL,I,UBW,
1 J1A,J2A,J3A,K1A,K2A,K3A,VA,VB1,VB2,DA,DB,PF,PM,JDESC,XR1,YR1,
2 STETA,CTETA,P1,P2,P3,P4,P5,P6,NLG,XGRP,YGRP,SS,FO,XMAX,YMAX,
3 WMAX,XLOC,YLOC,FLOC,EF,EM,
4 X(50),Y(50),JJ(85),JK(85),CX(85),CY(85),SMR(6,5),S(150,21),
5 D(150),AM(6,85,50),A(150),W(50),XGR(50),YGR(50),DX(50),DY(50),
6 DXA(50),DXD(50),DYA(50),DYD(50)

C

DO 30 IL=1,N
J=IL - JBW + 1
IF (IL + 1 - UBW)10,10,15
10 J = 1
15 SUM = A(IL)
I1=IL - 1
IF (J - I1) 20,20,30
20 DO 25 K = J,I1
KA=IL - K + 1
25 SUM = SUM - S(K,KA) * D(K)
30 D(IL)=SUM*S(IL,1)
DO 55 IA = 1,N
IL = N - IA + 1
J = IL + UBW - 1
IF (J - N) 40,40,35
35 J = N

```
40 SUM = D(IL)
   I1 = IL + 1
   IF (I1 - J) 45,45,55
45 DO 50 K = I1,J
   KA= K - IL + 1
50 SUM = SUM - S(IL,KA) * D(K)
55 D(IL) = SUM * S(IL,1)
   RETURN
END
```


B6700/B7700 F O R T R A N C O M P I L A T I O N M A R K 2.

SUBROUTINE PERMA(AP)

```

C
C -----
C CALCULO DOS ESFORÇOS DEVIDO AS CARGAS PERMANENTES
C -----
C
    REAL L(85),IX(85),IY(85)
    INTEGER RL(150),CRL(150),UBW
    COMMON M,NJ,NR,NRJ,E,G,N,L,IX,IY,ERRO,ND,CRL,RL,I,UBW,
1  J1A,J2A,J3A,K1A,K2A,K3A,VA,VB1,VB2,DA,DB,PF,PM,JDESC,XR1,YR1,
2  STETA,CTETA,P1,P2,P3,P4,P5,P6,NLG,XGRP,YGRP,SS,FO,XMAX,YMAX,
3  WMAX,XLOC,YLOC,FLOC,EF,EM,
4  X(50),Y(50),JJ(85),JK(85),CX(85),CY(85),SMR(6,6),S(150,21),
5  SD(150),AM(6,85,50),AC(150),W(50),XGR(50),YGR(50),DX(50),DY(50),
6  DXA(50),DXD(50),DYA(50),DYD(50)
    DIMENSION AE(150),AR(150),AML(85,6),AMAC(6),AP(85,6),A(150)

C
C ZERAMENTO DOS VETORES DAS ACOES
    DO 10 J=1,ND
        A(J)=0.
        AE(J)=0.
10    AR(J)=0.
        DO 12 K=1,6
12    AMAC(K)=0.
        DO 15 I=1,M
        DO 15 J=1,6
15    AML(I,J)=0.
C
        WRITE(5,17)
17-    FORMAT(T27,'CARGAS PERMANENTES')
        WRITE (5,1313)

C
C LEITURA DO NUMERO DE NOS CARREGADOS
    READ (8,20) NLJ
20    FORMAT (I10)
    IF.(NLJ) 55,72,55

```

```

C
C LEITURA E IMPRESSAO DAS CARGAS APLICADAS NOS NOS
55 WRITE (5,57)
57 FORMAT (T3,'CARGAS APLICADAS NOS PONTOS NODAIS EM RELACAO AOS'
1,' EIXOS GLOBAIS',/)
WRITE (5,60)
60 FORMAT (T5,'J',T17,'MX',T27,'MY',T37,'PZ',/)
DO 70 IC=1,NLJ
READ(8,61) K,A(3*K-2),A(3*K-1),A(3*K)
61 FORMAT (I10,3F10.0)
WRITE (5,62) K,A(3*K-2),A(3*K-1),A(3*K)
62 FORMAT (I5,5X,3F10.3)
70 CONTINUE
C
C LEITURA DOS CARREGAMENTOS NAS BARRAS RELATIVO AOS EIXOS LOCAIS
C DO MEMBRO
WRITE (5,1313)
72 WRITE (5,75)
75 FORMAT (T3,'CARREGAMENTO NAS BARRAS EM RELACAO AOS EIXOS',
1' LOCAIS DO MEMBRO',/)
WRITE (5,77)
77 FORMAT (T5,'I',T16,'ICAR',T26,'CARGA',T37,'D1',/)
90 READ (8,92) I,ICAR,PZ,D1
92 FORMAT (2I10,2F10.0)
IF (I)95,250,95
95 WRITE (5,97) I,ICAR,PZ,D1
97 FORMAT (I5,T12,3X,2F10.3)
C
C ESFORCOS DE ENGASTAMENTO PERFEITO NOS ELEMENTOS CARREGADOS
GO TO (100,200),ICAR
C
C CARREGAMENTO UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDO
100 Q=PZ
AML(I,3)=-Q*L(I)/2. + AML(I,3)
AML(I,6)=-Q*L(I)/2. + AML(I,6)
AML(I,2)= Q*(L(I)**2)/12. + AML(I,2)
AML(I,5)= -Q*(L(I)**2)/12. + AML(I,5)
GO TO 90

```

```

C      CARGA CONCENTRADA VERTICAL APLICADA
200    D2= L(I)-D1
      C1= 3.-(2.* D2/L(I))
      C2= 3.-(2.* D1/L(I))
      AML(I,3)=-PZ * (D2 **2) * C1/(L(I)**2) + AML(I,3)
      AML(I,6)=-PZ* (D1**2) * C2/(L(I)**2) + AML(I,6)
      AML(I,2)= PZ*D1*(D2**2) /(L(I)**2) +AML(I,2)
      AML(I,5)=-PZ* (D1**2) * D2 /(L(I)**2) + AML(I,5)
      GO TO 90
250    CONTINUE
C
C      CARGAS EQUIVALENTES NOS NOS COM NUMERACAO ORIGINAL
      DO 435 I=1,M
      JJI=JJ(I)
      JKI=JK(I)
      AE(3*JJ1-2)=AE(3*JJ1-2)-(CX(I)*AML(I,1)-CY(I)*AML(I,2))
      AE(3*JJ1-1)=AE(3*JJ1-1)-(CY(I)*AML(I,1)+CX(I)*AML(I,2))
      AE(3*JJ1)=AE(3*JJ1)-AML(I,3)
      AE(3*JK1-2)=AE(3*JK1-2)-(CX(I)*AML(I,4)-CY(I)*AML(I,5))
      AE(3*JK1-1)=AE(3*JK1-1)-(CY(I)*AML(I,4)+CX(I)*AML(I,5))
435    AE(3*JK1)=AE(3*JK1)-AML(I,6)
C
C      CARGAS COMBINADAS NOS NOS COM REORDENACAO
      DO 443 J=1,ND
      IF(RL(J))437,437,440
437    K=J-CRL(J)
      GO TO 443
440    K=N+CRL(J)
443    AC(K)=A(J)+AE(J)
C
C      RESOLUCAO DO SISTEMA DE EQUACOES - CALCULO DOS DESLOCAMENTOS D
      CALL RESOL
C
C      RETORNO DOS DESLOCAMENTOS D A NUMERACAO ORIGINAL
      J=N+1
      DO 451 JEE=1,ND
      JE=ND+1-JEE

```

```

IF(RL(JE))447,447,449
447 J=J-1
D(JE)=D(J)
GO TO 451
449 D(JE)=0.
451 CONTINUE
C
C IMPRESSAO DOS DESLOCAMENTOS NOS NOS
WRITE(5,1313)
WRITE(5,453)
453 FORMAT (T3,'DESLOCAMENTOS DOS PONTOS NODAIS',/)
WRITE(5,454)
454 FORMAT(T5,'J',T17,'Dx',T27,'Dy',T37,'Dz',/)
WRITE(5,458)(J,D(3*J-2),D(3*J-1),D(3*J),J=1,NJ)
458 FORMAT (I5,5X,3F10.3)
C
C ACOES NAS EXTREMIDADES DOS ELEMENTOS
DO 489 I=1,M
CALL AUX
DO 460 J=1,6
AMAC(J)=SMR(J,1)*D(J1A)+SMR(J,2)*D(J2A)+SMR(J,3)*D(J3A)+SMR(J,4)
1*D(K1A)+SMR(J,5)*D(K2A)+SMR(J,6)*D(K3A)
460 AP(I,J) = AML(I,J)+AMAC(J)
C
C CALCULO DAS REACOES DE APOIO
IF(RL(J1A))465,465,463
463 AR(J1A)=AR(J1A)+CX(I)*AMAC(1)-CY(I)*AMAC(2)
465 IF(RL(J2A))470,470,467
467 AR(J2A)=AR(J2A)+CY(I)*AMAC(1)+CX(I)*AMAC(2)
470 IF(RL(J3A))475,475,472
472 AR(J3A)=AR(J3A)+AMAC(3)
475 IF(RL(K1A))480,480,477
477 AR(K1A)=AR(K1A)+CX(I)*AMAC(4)-CY(I)*AMAC(5)
480 IF(RL(K2A))485,485,482
482 AR(K2A)=AR(K2A)+CY(I)*AMAC(4)+CX(I)*AMAC(5)
485 IF(RL(K3A))489,489,487
487 AR(K3A)=AR(K3A)+AMAC(6)
489 CONTINUE

```

```

DO 495 K=1,ND
  IF (RL(K)) 495,495,493
493  AR(K)=AR(K)-A(K)-AE(K)
495  CONTINUE
    WRITE(5,1313)
    WRITE(5,503)
503  FORMAT (T3,'REACDES DE APOIO',/)
    WRITE(5,505)
505  FORMAT(T5,'J',T17,'RX',T27,'Ry',T37,'RZ',/)
    DO 511 K = 1,NJ
      JUN=RL(3*K-2)+RL(3*K-1)+RL(3*K)
      IF (JUN) 511,511,507
507  WRITE(5,509) K,AR(3*K-2),AR(3*K-1),AR(3*K)
509  FORMAT (I5,SX,3F10.3)
511  CONTINUE
1313 FORMAT(/,'-----',
1 '-----',/)
    RETURN
  END

```

B6700/B7700 F O R T R A N C O M P I L A T I O N M A R K 2.
SUBROUTINE SUPER

C
C
C
C
C

DETERMINACAO DAS ORDENADAS DA SUPERFICIE DE INFLUENCIA NOS PONTOS NO
DAIS DA ESTRUTURA

```

REAL L(85),IX(85),IY(85)
INTEGER RL(150),CRL(150),UBW
COMMON M,NJ,NR,NRJ,E,G,N,L,IX,IY,ERRO,ND,CRL,RL,I,UBW,
1 J1A,J2A,J3A,K1A,K2A,K3A,VA,VB1,VB2,DA,DB,PF,PM,JDESC,XR1,YR1,
2 STETA,CTETA,P1,P2,P3,P4,P5,P6,NLG,XGRP,YGRP,SS,FO,XMAX,YMAX,
3 WMAX,XLOC,YLOC,FLOC,EF,EM,
4 X(50),Y(50),JJ(85),JK(85),CX(85),CY(85),SMR(6,6),S(150,21),
5 D(150),AM(6,85,50),A(150),W(50),XGR(50),YGR(50),DX(50),DY(50),
6 DXA(50),DXD(50),DYA(50),DYD(50)

```

C
C
C

INICIO DA ITERACAO QUE APLICA EM TODOS OS PONTOS NODAIS DA ESTRU
TURA UMA CARGA VERTICAL UNITARIA DE - 1 TONELADAS
DO 440 K = 1,NJ

C
C
C

GERACAO DA ACAO VERTICAL UNITARIA DE -1 TON APLICADA EM UM PONTO
NODAL DA ESTRUTURA QUE NAO TENHA RESTRICAO NA DIRECAO Z
IF (RL(3*K)) 390,390,440

C
390
400

ZERAGEM DO VETOR (A) DAS ACOES
DO 400 J = 1,ND
A(J) = 0.
A(3*X)=-1.

C
C

REORDENACAO DO VETOR DAS ACOES (A)
DO 430 J = 1,ND
IF (RL(J)) 420,420,425
420 KI = J - CRL(J)
GO TO 430
425 KI = N + CRL(J)
430 A(KI) = A(J)

```

C RESOLUCAO DO SISTEMA DE EQUACOES - CALCULO DOS DESLOCAMENTOS (D)
C COM A CHAMADA DA SUBROTINA PARA RESOLUCAO DO SISTEMA DE EQUACOES
CALL RESOL
C RETORNO DOS DESLOCAMENTOS (D) A NUMERACAO ORIGINAL
J = N + 1
DO 434 JEE = 1,ND
JE = ND + 1 - JEE
IF (RL(JE)) 432,432,433
432 J = J - 1
D(JE) = D(J)
GO TO 434
433 D(JE) = 0.
434 CONTINUE
C
C ACOES NAS EXTREMIDADES DOS ELEMENTOS
DO 435 I = 1,M
C
C CHAMADA DA SUBROTINA QUE GERA A MATRIZ AUXILIAR (SMR) E A NUME -
C RACAO DOS DESLOCAMENTOS NOS EXTREMOS DOS ELEMENTOS
CALL AUX
C
C DETERMINACAO DE (AM) = (SMR) * (D)
DO 435 J = 1,6
435 AM(J,I,K) = SMR(J,1) * D(J1A) + SMR(J,2) * D(J2A) +
1 SMR(J,3) * D(J3A) + SMR(J,4) * D(K1A) +
2 SMR(J,5) * D(K2A) + SMR(J,6) * D(K3A)
440 CONTINUE
RETURN
END

```

H E N R I D E R I V
=====

SUBROUTINE DERIV

 SUBROUTINA QUE CALCULA AS DERIVADAS PARCIAIS EM RELACAO A X E A Y NOS
 PONTOS NODAIS DA SUPERFICIE DE INFLUENCIA DA GRELHA

```

REAL L(85),IX(85),IY(85)
INTEGER RL(150),CRL(150),UBW
COMMON M,NJ,NR,NRJ,E,G,N,L,IX,IY,ERRO,ND,CRL,RL,I,UBW,
1 J1A,J2A,J3A,K1A,K2A,K3A,VA,VB1,VB2,DA,DB,PF,PM,JOESC,XR1,YR1,
2 STETA,CTETA,P1,P2,P3,P4,P5,P6,NLG,XGRP,YGRP,SS,FO,XMAX,YMAX,
3 WMAX,XLOC,YLOC,FLOC,EF,EM,
4 X(50),Y(50),JJ(85),JK(85),CX(85),CY(85),SMR(6,6),S(150,21),
5 D(150),AM(6,85,50),A(150),W(50),XGR(50),YGR(50),DX(50),DY(50),
6 DXA(50),DXD(50),DYA(50),DYD(50)

```

```

DEFINICAO DA FUNCAO FOW QUE CALCULA A DERIVADA DE UM PONTO U PAR
TINDO DO POLINOMIO DE INTERPOLACAO DE LAGRANGE DE GRAU 2
FOW(U,X0,X1,X2,F0,F1,F2) = ((2.*U-X1-X2)*F0) / ((X0-X1)*(X0-X2))
1 + ((2.*U-X0-X2)*F1) / ((X1-X0)*(X1-X2)) + ((2.*U-X0-X1)*F2) /
2 ((X2-X0)*(X2-X1))

```

```

DETERMINACAO DO NUMERO DE LONGARINAS NLG
DO 10 K = 1,NJ
IF(Y(K+1)-Y(K)) 10,10,15
CONTINUE
NLG = K

```

```

CALCULO DO VALOR DO SENO E CO-SENO DO ANGULO TETA DA GRELHA
IF(X(NJ)-X(NLG)) 17,17,19
STETA=1.
CTETA=0.
GO TO 20
DI=SQRT((X(NJ)-X(NLG))**2+(Y(NJ)-Y(NLG))**2)
STETA=(Y(NJ)-Y(NLG))/DI
CTETA=(X(NJ)-X(NLG))/DI
CONTINUE

```

```

MUDANCA DE COORDENADAS DOS EIXOS X,Y PARA OS EIXOS XGR,YGR
DO 25 K = 1,NJ
YGR(K)=(Y(K)-Y(1))/STETA
XGR(K)=X(K)-X(1)-YGR(K)*CTETA

```


ZERAGEM DOS VETORES DAS DERIVADAS.

DO 30 J = 1, NJ

DX(J)=0.

DY(J)=0.

DXA(J)=0.

DXD(J)=0.

DYA(J)=0.

DYD(J)=0.

CALCULO DAS DERIVADAS PARCIAIS NOS PONTOS NODAIS DA GRELHA
DO 2000 J = 1, NJ

NG J NOS CANTOS DA GRELHA

IF (J-1) 40, 50, 40

IF (J-NLG) 90, 50, 90

IF (J+NLG-JDESC) 70, 60, 70

J1=J+NLG

DY(J) = (W(J1)-W(J)) / (YGR(J1)-Y(J))

GO TO 80

XA=YGR(J)

J1=J+NLG

XK=YGR(J1)

J2=J+2*NLG

XB=YGR(J2)

FA=W(J)

FK=W(J1)

FB=W(J2)

DY(J)=FDW(XA,XA,XK,XB,FA,FK,FB)

IF (J-1) 200, 100, 200

IF (J-(NJ-NLG+1)) 140, 100, 140

IF (J+1-JDESC) 120, 110, 120

DX(J) = (W(J+1)-W(J)) / (XGR(J+1)-XGR(J))

GO TO 130

XA=XGR(J)

XK=XGR(J+1)

XB=XGR(J+2)

FA=W(J)

FK=W(J+1)

FB=W(J+2)

DX(J)=FDW(XA,XA,XK,XB,FA,FK,FB)

IF (J-1) 300, 200, 300

IF (J-NJ) 330, 200, 330

IF (J-1-JDESC) 220, 210, 220

DX(J)=(W(J)-W(J-1))/(XGR(J)-XGR(J-1))

IF (J-NLG) 300, 200, 300

XA=XGR(J-2)

XK=XGR(J-1)

XB=XGR(J)

```

FA=W(J-2)
FK=W(J-1)
FB=W(J)
DX(J)=FDW(XB,XA,XK,XB,FA,FK,FB)
IF(J-NLG) 300,2000,300
300 IF(J-NLG-JDESC) 320,310,320
310 J1=J-NLG
DY(J)=(W(J)-W(J1))/(YGR(J)-YGR(J1))
GO TO 2000
320 J1=J-2*NLG
XA=YGR(J1)
J2=J-NLG
XK=YGR(J2)
XB=YGR(J)
FA=W(J1)
FK=W(J2)
FB=W(J)
DY(J)=FDW(XB,XA,XK,XB,FA,FK,FB)
GO TO 2000
330 IF (XGR(J)) 335,352,335
335 IF (XGR(J)-XGR(NLG)) 340,352,340
340 IF (YGR(J)) 345,362,345
345 IF (YGR(J)-YGR(NJ)) 350,362,350
350 IF (J-JDESC) 355,800,355
352 IF (J-JDESC) 355,900,355
355 J1=J-NLG
XA=YGR(J1)
XK=YGR(J)
J2=J+NLG
XB=YGR(J2)
FA=W(J1)
FK=W(J)
FB=W(J2)
DY(J)=FDW(XK,XA,XK,XB,FA,FK,FB)
IF (XGR(J)) 360,400,360
360 IF (XGR(J)-XGR(NLG)) 365,500,365
362 IF (J-JDESC) 365,800,365
365 XA=XGR(J-1)
XK=XGR(J)
XB=XGR(J+1)
FA=W(J-1)
FK=W(J)
FB=W(J+1)
DX(J)=FDW(XK,XA,XK,XB,FA,FK,FB)
IF(YGR(J)) 370,600,370
370 IF(YGR(J)-YGR(NJ)) 2000,700,2000

```

```

C
C
400 NC J NA LONGARINA INICIAL
410 IF(J+1-JDESC) 420,410,420
420 DX(J) = (W(J+1)-W(J))/(XGR(J+1)-XGR(J))
GO TO 2000
XA=XGR(J)
XK=XGR(J+1)
XB=XGR(J+2)
FA=W(J)
FK=W(J+1)
FB=W(J+2)
DX(J)=FDW(XA,XA,XK,XB,FA,FK,FB)
GO TO 2000

```

```

C
C
500 NO J NA LONGARINA FINAL
510 IF(J-1-JDESC) 520,510,520
520 DX(J) = (W(J)-W(J-1))/(XGR(J)-XGR(J-1))
GO TO 2000
XA= XGR(J-2)
XK= XGR(J-1)
XB= XGR(J)
FA= W(J-2)
FK= W(J-1)
FB= W(J)
DX(J) = FDW(XB,XA,XK,XB,FA,FK,FB)
GO TO 2000

```

```

C
C
600 NO J NA TRANSVERSINA INICIAL
610 IF (J+NLG-JDESC) 620,610,620
620 J1=J+NLG
DY(J) = -(W(J1)-W(J))/(YGR(J1)-YGR(J))
GO TO 2000
XA=YGR(J)
J1=J+NLG
XK=YGR(J1)
J2=J+2*NLG
XB=YGR(J2)
FA= W(J)
FK= W(J1)
FB= W(J2)
DY(J)=FDW(XA,XA,XK,XB,FA,FK,FB)
GO TO 2000

```

```

C
C
700 NO J NA TRANSVERSINA FINAL
710 IF(J-NLG-JDESC) 720,710,720
720 J1=J-NLG
DY(J) = (W(J)-W(J1))/(YGR(J)-YGR(J1))

```

```

720 GO TO 2000
    J1=J-2*NLG
    XA=YGR(J1)
    J2= J-NLG
    XK= YGR(J2)
    XB= YGR(J)
    FA= W(J1)
    FK= W(J2)
    FB= W(J)
    DY(J)=FDW(XB,XA,XK,XB,FA,FK,FB)
    GO TO 2000

C
800 NG J DE DESCONTINUIDADE DO INTERIOR DA GRELHA
810 IF (XGR(J+1)-XGR(NLG))820,810,820
820 DXD(J)=(W(J+1)-W(J))/(XGR(J+1)-XGR(J))
    GO TO 830
    XA =XGR(J)
    XK =XGR(J+1)
    XB =XGR(J+2)
    FA =W(J)
    FK =W(J+1)
    FB =W(J+2)
    DXD(J)=FDW(XA,XA,XK,XB,FA,FK,FB)
830 IF (XGR(J-1))850,840,850
840 DXA(J)=(W(J)-W(J-1))/(XGR(J)-YGR(J-1))
    GO TO 860
850 XA=XGR(J-2)
    XK=XGR(J-1)
    XB=XGR(J)
    FA=W(J-2)
    FK=W(J-1)
    FB=W(J)
    DXA(J)= FDW(XB,XA,XK,XB,FA,FK,FB)
860 IF (YGR(J)) 865,600,865
865 IF (YGR(J)-YGR(NJ))870,700,870
870 J1= J+NLG
    IF (YGR(J1)-YGR(NJ)) 880,875,880
875 DYD(J) = (W(J1)-W(J)) / (YGR(J1)-YGR(J))
    GO TO 885
880 XA = YGR(J)
    XK = YGR(J1)
    J2=J+2*NLG
    XB = YGR(J2)
    FA = W(J)
    FK = W(J1)
    FB = W(J2)
    DYD(J) = FDW(XA,XA,XK,XB,FA,FK,FB)

```

```

885 J1 = J-NLG
      IF (YGR(J1)) 895,890,895
890 DYA(J) = (W(J)-W(J1))/(YGR(J)-YGR(J1))
      GO TO 2000
      J2= J-2*NLG
      XA= YGR(J2)
      XK = YGR(J1)
      XB = YGR(J)
      FA = W(J2)
      FK = W(J1)
      FB = W(J)
      DYA(J) = FDW(XB,XA,XK,XB,FA,FK,FB)
      GO TO 2000
900 J1 = J+NLG
      IF (YGR(J1)-YGR(NJ)) 920,910,920
910 DYD(J) = (W(J1)-W(J)) / (YGR(J1)-YGR(J))
      GO TO 930
920 XA = YGR(J)
      XK = YGR(J1)
      J2 = J+2*NLG
      XB = YGR(J2)
      FA = W(J)
      FK = W(J1)
      FB = W(J2)
      DYD(J) = FDW(XA,XA,XK,XB,EA,FK,FB)
930 J1=J-NLG
      IF (YGR(J1)) 950,940,950
940 DYA(J) = (W(J)-W(J1))/(YGR(J)-YGR(J1))
      GO TO 960
950 J2 = J-2*NLG
      XA = YGR(J2)
      XK = YGR(J1)
      XB = YGR(J)
      FA = W(J2)
      FK = W(J1)
      FB = W(J)
      DYA(J) = FDW(XB,XA,XK,XB,FA,FK,FB)
960 IF (XGR(J)) 500,400,500
2000 CONTINUE
      RETURN
      END

```

SUBROUTINE INTER

```

-----
SUBROTINA QUE CALCULA AS ORDENADAS DA SUPERFICIE DE INFLUENCIA DE UM
PONTO P NO INTERIOR DE UM PAINEL DA GRELHA ATRAVES DE UMA FUNCAO DE
INTERPOLACAO SS
-----

```

```

REAL L(85),IX(85),IY(85)
INTEGER RL(150),CRL(150),UBW
COMMON M,NJ,NR,NRJ,E,G,N,L,IX,IY,ERRO,ND,CRL,RL,I,UBW,
1 J1A,J2A,J3A,K1A,K2A,K3A,VA,VB1,VB2,DA,DB,PF,PM,JDESC,XR1,YR1,
2 STETA,CTETA,P1,P2,P3,P4,P5,P6,NLG,XGRP,YGRP,SS,FO,XMAX,YMAX,
3 WMAX,XLOC,YLOC,FLOC,EF,EM,
4 X(50),Y(50),JJ(85),JK(85),CX(85),CY(85),SMR(6,6),S(150,21),
5 D(150),AM(6,85,50),A(150),W(50),XGR(50),YGR(50),DX(50),DY(50),
6 DXA(50),DXD(50),DYA(50),DYD(50)

```

```

DEFINICAO DAS FUNCOES PSI E FI

```

```

PSI(Z) = Z * ((1.-Z)**2)

```

```

FI(Z) = (3.-2.*Z) * (Z**2)

```

```

VERIFICACAO SE O PONTO P ESTA DENTRO DA PONTE

```

```

IF (XGRP) 1030,1000,1000

```

```

1000 IF (XGRP-XGR(NLG)) 1010,1010,1030

```

```

1010 IF (YGRP) 1030,1020,1020

```

```

1020 IF (YGRP-YGR(NJ)) 1040,1040,1030

```

```

1030 SS = 0.

```

```

GO TO 350

```

```

1040 CONTINUE

```

```

VERIFICACAO DO PAINEL CORRESPONDENTE AO PONTO P

```

```

DO 10 J = 1,NJ

```

```

IF (YGR(J)-YGRP) 10,20,20

```

```

CONTINUE

```

```

DO 30 J1=J,NJ

```

```

IF(XGR(J1)-XGRP)30,40,40

```

```

CONTINUE

```

```

IF(YGRP) 44,41,44

```

```

IF(XGRP) 43,42,43

```

```

K=1

```

43 GO TO 47
 K=J1-1
 GO TO 47
 44 IF(XGRP) 46,45,46
 45 K=J1-NLG
 GO TO 47
 46 K=J1-NLG-1

C
 C DEFINICAO DAS COORDENADAS RELATIVAS CSI E ETA DO PONTO P
 47 K1=K+NLG

CSI=(XGRP-XGR(K))/(XGR(K1)-XGR(K))

ETA=(YGRP-YGR(K))/(YGR(K1)-YGR(K))

C
 C ADAPTACAO DAS FORMULAS DAS DERIVADAS PARCIAIS NOS PONTOS DE DES-

C CONTINUIDADE PARA O EMPREGO DA FUNCAO DE INTERPOLACAO SS

IF(DXD(K))50,60,50

50 DX(K)=DX0(K)

60 IF(DYD(K))70,80,70

70 DY(K)=DY0(K)

GO TO 200

80 IF(DXA(K+1))90,100,90

90 DX(K+1)=DXA(K+1)

100 IF(DYD(K+1))110,120,110

110 DY(K+1)=DYD(K+1)

GO TO 200

120 IF(DXA(K1+1))130,140,130

130 DX(K1+1)=DXA(K1+1)

140 IF(DYA(K1+1))150,160,150

150 DY(K1+1)=DYA(K1+1)

GO TO 200

160 IF(DXD(K1))170,180,170

170 DX(K1)=DXD(K1)

180 IF(DYA(K1))190,200,190

190 DY(K1)=DYA(K1)

200 CONTINUE

C
 C DEFINICAO DAS VARIAVEIS AUXILIARES CSI1 E ETA1

CSI1=1.-CSI

ETA1=1.-ETA

DEFINICAO DA FUNCAO DE INTERPOLACAO SS

S1=W(K)*(1.-FI(CSI))*(1.-FI(ETA)) + W(K+1)*(1.-FI(ETA))*FI(CSI)
1 + W(K1+1)*FI(ETA)*FI(CSI) + W(K1)*(1.-FI(CSI))*FI(ETA)

S2=(XGR(K+1)-XGR(K))*((DX(K)*PSI(CSI)*(1.-FI(ETA)))-
1 (DX(K+1)*PSI(CSI1)*(1.-FI(ETA)))-DX(K1+1)*PSI(CSI1)*FI(ETA) +
2 (DX(K1)*PSI(CSI)*FI(ETA)))

S3=(YGR(K1)-YGR(K))*((DY(K)*PSI(ETA)*(1.-FI(CSI)))+
1 DY(K+1)*PSI(ETA)*FI(CSI) -(DY(K1+1)*PSI(ETA1)*FI(CSI))-
2 (DY(K1)*PSI(ETA1)*(1.-FI(CSI))))

SS=S1+S2+S3

CONTINUE
RETURN
END

SUBROUTINE OBJET

 SUBROTINA QUE CALCULA A FUNCAO OBJETIVA EM RELACAO AS COORDENADAS DA
 RODA R1

```

REAL L(85),IX(85),IY(85)
INTEGER RL(150),CRL(150),UBW
COMMON M,NJ,NR,NRJ,E,G,N,L,IX,IY,ERRO,NO,CRL,RL,I,UBW,
1 J1A,J2A,J3A,K1A,K2A,K3A,VA,VB1,VB2,DA,DB,PF,PM,JOESC,XR1,YR1,
2 STETA,CTETA,P1,P2,P3,P4,P5,P6,NLG,XGRP,YGRP,SS,FO,XMAX,YMAX,
3 WMAX,XLOC,YLOC,FLOC,EF,EM,
4 X(50),Y(50),JJ(85),JK(85),CX(85),CY(85),SMR(6,6),S(150,21),
5 D(150),AM(6,85,50),A(150),W(50),XGR(50),YGR(50),DX(50),DY(50),
6 DXA(50),DXD(50),DYA(50),DYD(50)

```

ORDEADA DA SUPERFICIE DE INFLUENCIA CORRESPONDENTE A RODA R1

```

XGRP=XR1
YGRP=YR1
CALL INTER
W1=SS

```

COORDENADAS DA RODA R2
 $XR2 = XR1 + VA / STETA$
 $YR2 = YR1 - (VA * CTETA) / STETA$

CHAMADA DA SUBROTINA PARA CALCULO DA ORDENADA DA SUPERFICIE DE
 INFLUENCIA CORRESPONDENTE A RODA R2

```

XGRP=XR2
YGRP=YR2

```

```

CALL INTER
W2=SS

```

ORDEADA DA SUPERFICIE DE INFLUENCIA CORRESPONDENTE A RODA R3

```

XR3=XR1
YR3=YR1+VB1
XGRP=XR3

```

```

YGRP=YR3
CALL INTER
W3=SS

```

C

C

ORDENADA DA SUPERFICIE DE INFLUENCIA CORRESPONDENTE A R4

XR4=XR2

YR4=YR2+VB1

XGRP=XR4

YGRP=YR4

CALL INTER

W4=S5

C

C

ORDENADA DA SUPERFICIE DE INFLUENCIA CORRESPONDENTE A R5

XR5=XR1

YR5=YR3+VB2

XGRP=XR5

YGRP=YR5

CALL INTER

W5=S5

C

C

ORDENADA DA SUPERFICIE DE INFLUENCIA CORRESPONDENTE A R6

XR6=XR2

YR6=YR4+VB2

XGRP=XR6

YGRP=YR6

CALL INTER

W6=S5

C

C

CALCULO DA FUNCAO OBJETIVA FO

FO=P1*W1+P2*W2+P3*W3+P4*W4+P5*W5+P6*W6

C

RETURN

END

SUBROUTINE SMAX

CALCULO DA ORDENADA MAXIMA DA SUPERFICIE DE INFLUENCIA

```

REAL L(85),IX(85),IY(85)
INTEGER RL(150),CRL(150),UBW
COMMON M,NJ,NR,NRJ,E,G,N,L,IX,IY,ERRO,ND,CRL,RL,I,UBW,
1 J1A,J2A,J3A,K1A,K2A,K3A,VA,VB1,VB2,DA,DB,PF,PM,JDESC,XR1,YR1,
2 STETA,CTETA,P1,P2,P3,P4,P5,P6,NLG,XGRP,YGRP,SS,FO,XMAX,YMAX,
3 WMAX,XLOC,YLOC,FLOC,EF,EM,
4 X(50),Y(50),JJ(85),JK(85),CX(85),CY(85),SMR(6,6),S(150,21),
5 D(150),AM(6,85,50),A(150),W(50),XGR(50),YGR(50),OX(50),DY(50),
6 DXA(50),DXD(50),DYA(50),DYD(50)

```

DEFINICAO DO PONTO MAXIMO LOCAL PROVISORIO

XLOC=XR1

YLOC=YR1

XGRP=XLOC

YGRP=YLOC

CALL INTER

WLOC=SS

GERACAO DO INDICE DE CONTROLE DOS INCREMENTOS DAS VARIAVEIS

ID=1

INCREMENTO DA VARIABEL XT NO SENTIDO POSITIVO

DELTx=0.1

DELTy=0.

GO TO 2000

INCREMENTO DA VARIABEL XT NO SENTIDO NEGATIVO

ID=2

DELTx=-0.1

GO TO 2000

INCREMENTO DA VARIABEL YT NO SENTIDO POSITIVO

ID=3

DELTx=0.

DELTy=0.1

GO TO 2000

```

C
300 INCREMENTO DA VARIÁVEL YT NO SENTIDO NEGATIVO
      ID=4
      DELTY=-0.1
      GO TO 2000

C
400 INCREMENTO SIMULTANEO DE XT E YT NO SENTIDO NORDESTE
      ID=5
      DELTX=0.1
      DELTY=0.1
      GO TO 2000

C
500 INCREMENTO SIMULTANEO DE XT E YT NO SENTIDO NOROESTE
      ID=6
      DELTX=-0.1
      GO TO 2000

C
600 INCREMENTO SIMULTANEO DE XT E YT NO SENTIDO SUDESTE
      ID=7
      DELTX=0.1
      DELTY=-0.1
      GO TO 2000

C
700 INCREMENTO SIMULTANEO DE XT E YT NO SENTIDO SUDOESTE
      ID=8
      DELTX=-0.1

C
2000 DEFINICAO DO PONTO INICIAL DA ITERACAO
      XT=XR1
      YT=YR1
2005 CONTINUE

C
      INICIO DA ITERACAO DE PROCURA DA ORDENADA MAXIMA
      DO 2100 I=1,20

C
      XT=XT+DELTX*(2.**(I-1))
      YT=YT+DELY*(2.**(I-1))

```

```

C VERIFICACAO DAS RESTRICOES DAS VARIAVEIS XT E YT
  IF (XT) 2500,2010,2010
  IF (XT-(XGR(NLG)-VA/STETA))2020,2020,2500
2010 IF (CTETA) 2050,2030,2030
2020 IF (YT+VB1+VB2) 2500,2500,2040
2030 IF (YT-YGR(NJ)-VA*CTETA/STETA) 2070,2500,2500
2040 IF (YT+VB1+VB2-VA*CTETA/STETA) 2500,2500,2060
2050 IF (YT-YGR(NJ)) 2070,2500,2500
2060
C
C ORDEMADA DA SUPERFICIE DE INFLUENCIA CORRESPONDENTE A (XT,YT)
2070 XGRP=XT

  YGRP=YT
  CALL INTER
  WT=SS

C
C VERIFICACAO DO VALOR MAXIMO LOCAL
  IF (WMAX-WT) 2150,2100,2100
2100 CONTINUE
2150 XMAX=XT
  YMAX=YT
  WMAX=WT

C
C RETORNO AO INICIO DO PROCESSO DIMINUINDO O PASSO DA ITERACAO
  GO TO 2005

C
C MUDANCA DO SENTIDO NA ITERACAO
2500 CONTINUE
  GO TO (100,200,300,400,500,600,700,3000),ID
3000 CONTINUE

C
C VERIFICACAO DO MAXIMO GLOBAL
  IF (WMAX-WLJC) 3200,3200,3100

C
C REDEFINICAO DO PONTO INICIAL DE ITERACAO
3100 XR1=XMAX
  YR1=YMAX
  GO TO 50

C
C DEFINICAO DO VALOR MAXIMO GLOBAL
3200 XMAX=XLOC
  YMAX=YLOC
  WMAX=WLOC
  RETURN
  END

```

SUBROUTINE FOLOC

```

C -----
C CALCULO DA FUNCAO OBJETIVA MAXIMA EM TORNO DE UM PONTO MAXIMO LOCAL
C DA SUPERFICIE DE INFLUENCIA
C -----

```

```

      REAL L(85),IX(85),IY(85)
      INTEGER RL(150),CRL(150),UBW
      COMMON M,NJ,NR,NRJ,E,G,N,L,IX,IY,ERRO,NO,CRL,RL,I,UBW,
1  J1A,J2A,J3A,K1A,K2A,K3A,VA,VB1,VB2,DA,DB,PF,PM,JDESC,XR1,YR1,
2  STETA,CTETA,P1,P2,P3,P4,P5,P6,NLG,XGRP,YGRP,SS,FO,XMAX,YMAX,
3  WMAX,XLOC,YLOC,FLOC,EF,EM,
4  X(50),Y(50),JJ(85),JK(85),CX(85),CY(85),SMR(6,6),S(150,21),
5  D(150),AM(6,85,50),A(150),W(50),XGR(50),YGR(50),DX(50),DY(50),
6  DXA(50),DXD(50),DYA(50),DYD(50)

```

```

      RODA R1 NO PONTO DE ORDENADA MAXIMA
      XLLOC=XMAX
      YLOC=YMAX

```

```

      DETERMINACAO DA FUNCAO OBJETIVA

```

```

      XR1=XLOC
      YR1=YLOC
      CALL OBJET
      FLOC=FO

```

```

      DEFINICAO DO INDICE DE CONTROLE DA RODA
      IR=1

```

```

      RODA R2 NO PONTO DE ORDENADA MAXIMA
      XT=XMAX-VA/STETA

```

```

      YT=YMAX+(VA*CTETA)/STETA
      GO TO 2000

```

```

      RODA R3 NO PONTO DE ORDENADA MAXIMA
      IR=2
      XT=XMAX
      YT=YMAX-VB1

```

```

C      GO TO 2000
C
C 200  RODA R4 NO PONTO DE ORDENADA MAXIMA
      IR=3
      XT=XMAX-VA/STETA
      YT=YMAX-VB1+(VA*CTETA)/STETA
      GO TJ 2000
C
C 300  RODA R5 NO PONTO DE ORDENADA MAXIMA
      IR=4
      XT=XMAX
      YT=YMAX-VB1-VB2
      GO TJ 2000
C
C 400  RODA R6 NO PONTO DE ORDENADA MAXIMA
      IR=5
      XT=XMAX-VA/STETA
      YT=YMAX-VB1-VB2+(VA*CTETA)/STETA
      GO TJ 2000
C
C 500  PONTO EQUIDISTANTE DAS RODAS R1 E R2 NA ORDENADA MAXIMA
      IR=6
      XT=XMAX-VA/(2.*STETA)
      YT=YMAX+(VA*CTETA)/(2.*STETA)
      GO TJ 2000
C
C 600  PONTO EQUIDISTANTE DAS RODAS R3 E R4 NA ORDENADA MAXIMA
      IR=7
      XT=XMAX-VA/(2.*STETA)
      YT=YMAX-VB1+(VA*CTETA)/(2.*STETA)
      GO TJ 2000
C
C 700  PONTO EQUIDISTANTE DAS RODAS R5 E R6 NA ORDENADA MAXIMA
      IR=8
      XT=XMAX-VA/(2.*STETA)
      YT=YMAX-VB1-VB2+(VA*CTETA)/(2.*STETA)
2000 CONTINUE
C

```

```

C      VERIFICACAO DAS RESTRICOES DAS VARIAVEIS XT E YT
      IF (XT) 2065,2010,2010
2010   IF (XT-(XGR(NLG)-VA/STETA)) 2020,2020,2065
2020   IF (CTETA) 2050,2030,2030
2030   IF (YT+VB1+VB2) 2065,2065,2040
2040   IF (YT-YGR(NJ)-VA*CTETA/STETA) 2070,2065,2065

2050   IF (YT+VB1+VB2-VA*CTETA/STETA) 2065,2065,2060
2060   IF (YT-YGR(NJ)) 2070,2065,2065
2065   FT=0.
      GO TO 2500

```

```

C
C      DETERMINACAO DA FUNCAO OBJETIVA
2070   XR1=XT

      YR1=YT
      CALL OBJET
      FT=FD

```

```

C
C      VERIFICACAO DO VALOR MAXIMO DA FUNCAO OBJETIVA
      IF (FLOC-FT) 2100,2500,2500
2100   FLOC=FT
      XLLOC=XT

      YLOC=YT
2500   CONTINUE
C
      GO TO (100,200,300,400,500,600,700,3000),IR
3000   CONTINUE
      RETURN

      END

```

SUBROTINA PARA CALCULO DOS ESFORÇOS DEVIDO AS CARGAS DE MULTIDAO

```

REAL (85),IX(85),IY(85)
INTEGER RL(150),CRL(150),UBW
COMMON M,NJ,NR,NRJ,E,G,N,L,IX,IY,ERRO,ND,CRL,RL,I,UBW,
1 J1A,J2A,J3A,K1A,K2A,K3A,VA,VB1,VB2,DA,DB,PF,PM,JDESC,XR1,YR1,
2 STETA,CTETA,P1,P2,P3,P4,P5,P6,NLG,XGRP,YGRP,SS,FO,XMAX,YMAX,
3 WMAX,XLOC,YLOC,FLOC,EF,EM,
4 X(50),Y(50),JJ(85),JK(85),CX(85),CY(85),SMR(6,6),S(150,21),
5 D(150),AM(6,85,50),A(150),W(50),XGR(50),YGR(50),DX(50),DY(50),
6 DXA(50),DXD(50),DYA(50),DYD(50)

```

CALCULO DAS COORDENADAS DA EXTREMIDADE INICIAL DO VEICULO
 $XE1 = XLOC - ((DA - VA) / (2. * STETA))$

$YE1 = YLOC - ((DB - VB1 - VB2) / 2. - ((DA - VA) * CTETA) / (2. * STETA))$
 $XE2 = XE1 + (DA / STETA)$
 $YE2 = YE1 - (DA * CTETA) / STETA$
 $XE3 = XE1$
 $YE3 = YE1 + DB$
 $XE4 = XE2$
 $YE4 = YE2 + DB$

VOLUME DE INFLUENCIA NO LADO ESQUERDO DA FAIXA DO VEICULO
IN=1

IF(XE1) 50,50,55
V1=0.
GO TO 115

XT1=0.
YT1=0.
XT2=0.
YT2=YGR(NJ)
XQ1=XE1
YQ1=0.

XQ2=XE1
YQ2=YGR(NJ)
GO TO 450
V1=V

VOLUME DE INFLUENCIA NO LADO DIREITO DA FAIXA DO VEICULO

```

115  IN=2
      IF(XE2-XGR(NJ)) 155,150,150
150  V2=0.
      GO TO 215
155  XT1=XE2
      YT1=J.

      XT2=XE2
      YT2=YGR(NJ)
      XQ1=XGR(NJ)
      YQ1=0.

      XQ2=XGR(NJ)
      YQ2=YGR(NJ)
      GO TO 450

200  V2=V
C
C  ESFORCOS DEVIDO A CARGA DE MULTIDAO FORA DA FAIXA DO VEICULO
215  EM=PM*(V1+V2)

C
C  VOLUME DE INFLUENCIA NA REGIÃO DA FAIXA ATRAS DO VEICULO
      IN=3
      IF(YE1) 250,250,255
250  V3=0.
      GO TO 315
255  XT1=XE1
      YT1=J.
      XT2=XE1

      YT2=YE1
      XQ1=XE2
      YQ1=0.
      XQ2=XE2
      YQ2=YE2
      IF(XT1) 260,265,265
260  XT1=0.
      XT2=0.
265  IF(XQ1-XGR(NJ)) 275,275,270
270  XQ1=XGR(NJ)
      XQ2=XQ1

275  CONTINUE
      DC=(XQ1-XT1)/3.
      GO TO 485
300  V3=V

C
C  VOLUME DE INFLUENCIA NA REGIÃO DA FAIXA NA FRENTE DO VEICULO
315  IN=4
      IF(YE3-YGR(NJ)) 355,350,350

```

```

GO TJ 415
355 XT1=XE3
      YT1=YE3
      XT2=XE3
      YT2=YGR(NJ)
      XQ1=XE4
      YQ1=YE4
      XQ2=XE4
      YQ2=YGR(NJ)
      IF(XT1) 360,365,365
360 XT1=0.
      XT2=0.
365 IF(XQ1-XGR(NJ)) 375,375,370
370 XQ1=XGR(NJ)
      XQ2=XQ1
375 CONTINUE
      DC=(XQ1-XT1)/3.
      GO TO 485
400 V4=V
C
C ESFORCOS DEVIDO A CARGA DE MULTIDAO NA FAIXA DO VEICULO
415 EF=PF*(V3+V4)
      GO TO 4000
C
C DEFINICAO DA DISTANCIA ENTRE AS CURVAS LONGITUDINAIS
450 IF(XQ1-XT1-1.0) 480,480,465
465 DC=1.
      GO TO 485
480 DC=(XQ1-XT1)
C
C PONTOS INICIAIS LIMITES PARA INTEGRACAO NUMERICA
485 XL1=XT1
      YL1=YT1
      XL2=XT1
      YL2=YT2
C
C INICIO DA ITERACAO PARA CALCULO DO VOLUME DE INFLUENCIA
C V=0.
C
C AREA DA CURVA LIMITADA POR L1 E L2
      GO TO 3000
500 IF(XL1-XT1) 520,510,520
510 A1=AREA
      GO TO 530
520 A2=AREA
C

```

```

C      VOLUME ENTRE AS AREAS A1 E A2
      V=V+DC*(A1+A2+4.*((A1+A2)/2.))/6.
      A1=A2

C
C      INCREMENTO DAS VARIAVEIS
530    IF(XL1-XQ1) 535,540,540

535    XL1=XL1+DC
      YL1=YL1-(YT1-YQ1)/5.
      YL2=YL2-(YT2-YQ2)/5.
      IF (XL1-XQ1) 3000,3000,537

537    XL1=XQ1
      YL1=YQ1
      YL2=YQ2
      GO TJ 3000

540    GO TD (100,200,300,400),IN

C
C      CALCULO DA AREA POSITIVA SOB A CURVA ENTRE OS PONTOS L1 E L2
3000    AREA=0.

C
C      DEFINICAO DA CONSTANTE DE INCREMENTO DA VARIABEL Y
      IF(Y-2-YL1-1.) 3025,3025,3020

3020    DI=1.
      GO TJ 3030

3025    DI=(YL2-YL1)
3030    CONTINUE

C
C      ORDENADA DA SUPERFICIE DE INFLUENCIA CORRESPONDENTE A L1
      YA=Y-1
      XGRP=XL1

      YGRP=YL1
      CALL INTER
      ZA=SS

C
C      INCREMENTO DA COORDENADA YA
3100    YB=YA+DI
      IF (YB-YL2) 3120,3120,3110

3110    DI=YL2-(YB-DI)
      YB=Y-2

C
C      ORDENADA DA SUPERFICIE DE INFLUENCIA CORRESPONDENTE A L2
3120    YGRP=YB
      CALL INTER
      ZB=SS

```

C
C VERIFICACAO DAS ORDENADAS POSITIVAS

IF (ZB) 3130,3130,3160
3130 IF (ZA) 3140,3140,3150
3140 YA=YB
ZA=ZB
IF(YB-YL2) 3100,3240,3100
3150 YB=YA+ZA*(YB-YA)/(ZA-ZB)
ZB=0.
GO TO 3180
3160 IF (ZA) 3170,3170,3180
3170 YA=YB-ZB*(YB-YA)/(ZB-ZA)
ZA=0.
3180 CONTINUE

C
C VERIFICACAO DE UMA DESCONTINUIDADE ENTRE OS PONTOS A E B

IF (XL1-XGR(JDESC)) 3220,3190,3220
3190 IF (YGR(JDESC)-YA)3220,3220,3200
3200 IF (YGR(JDESC)-YB)3210,3220,3220

C
C ORDENADA DA SUPERFICIE DE INFLUENCIA NO PONTO DE DESCONTINUIDADE
3210 YGRP=YGR(JDESC)

CALL INTER
ZB=SS
YB=YGR(JDESC)
3220 CONTINUE

C
C AREA DO TRAPEZIO ENTRE OS PONTOS A E B
AREA=AREA+(ZB+ZA)*(YB-YA)/2.

C
C VERIFICACAO DO FINAL DA ITERACAO
IF (YB-YL2) 3230,3240,3230

3230 YA=YB
ZA=ZB
GO TO 3100
3240 CONTINUE

C
GO TO 500
4000 CONTINUE
RETURN
END

C-----
 C CALCULO DOS ESFORÇOS TOTAIS MÁXIMOS POSITIVO E NEGATIVO DEVIDO AS
 C CARGAS MOVEIS
 C-----

REAL L(85),IX(85),IY(85)
 INTEGER RL(150),CRL(150),UBW
 COMMON M,NJ,NR,NRJ,E,G,N,L,IX,IY,ERRO,ND,CRL,RL,I,UBW,
 1 J1A,J2A,J3A,K1A,K2A,K3A,VA,VB1,VB2,DA,DB,PF,PM,JDESC,XR1,YR1,
 2 STETA,CTETA,P1,P2,P3,P4,P5,P6,NLG,XGRP,YGRP,SS,FO,XMAX,YMAX,
 3 WMAX,XLOC,YLOC,FLOC,EF,EM,
 4 X(50),Y(50),JJ(85),JK(85),CX(85),CY(85),SMR(6,6),S(150,21),
 5 D(150),AM(6,85,50),A(150),W(50),XGR(50),YGR(50),DX(50),DY(50),
 6 DXA(50),DXD(50),DYA(50),DYD(50)

GERACAO DO INDICE DE CONTROLE DA FUNCAO OBJETIVA
 ID=1

COORDENADAS INICIAIS PARA A DETERMINACAO DOS MAXIMOS
 WP=W(1)
 X1=X(1)

Y1=Y(1)
 WN=W(1)
 X2=X(1)
 Y2=Y(1)

VALORES AUXILIARES INICIAIS DOS ESFORÇOS TOTAIS
 ETP=1.
 ETN=1.

CALCULO DOS VALORES MAXIMOS INICIAIS
 DO 20 J=2,NJ

IF (H(J)-WP) 12,12,11
 VALOR MAXIMO POSITIVO INICIAL
 WP=W(J)
 X1=X(J)

```

12 Y1=Y(J)
C IF (W(J)-WN) 13,20,20
C VALOR MAXIMO NEGATIVO INICIAL
13 WN=W(J)
X2=X(J)
Y2=Y(J)
20 CONTINUE
C
C VERIFICACAO SE A SUPERFICIE DE INFLUENCIA E TODA POSITIVA
IS=0
NZ=0
DO 80 J=1,NJ
IF (W(J))51,45,50
45 NZ=NZ+1
GO TO 52
50 IS=IS+1
GO TO 52
51 IS=IS-1
52 IF(J-NJ)80,55,80
55 IF(NJ-IS-NZ)70,60,70
60 ETN=0.
GO TO 80
70 IF(NJ+IS-NZ)80,75,80
75 ETP=GP*EP
XLOC=0.
YLOC=0.
FMAX=0.
EF=0.
EM=0.
GO TO 1372
80 CONTINUE
C
C CHAMADA DA SUBROTINA PARA CALCULO DAS DERIVADAS PARCIAIS EM RELA
C CAO A X E A Y NOS PONTOS NODAIS DA SUPERFICIE DE INFLUENCIA
500 CONTINUE
CALL DERIV
C
C MUDANCA DAS COORDENADAS DA RODA R1 PARA OS EIXOS DA GRELHA
510 YR1 = (Y1-Y(1))/STETA
XR1 = X1-X(1)-YR1*CTETA

```

C VERIFICACAO DAS RESTRICOES A COORDENADA XR1 DA RODA R1
C IF ((XR1-(XGR(NLG)-VA/STETA))600,600,550
C VEICULO SERA COLOCADO COM AS RODAS R2,R4,R6 NA LONGARINA FINAL
550 XR1 = XGR(NLG)-VA/STETA

C
C ORDENADA DA SUPERFICIE DE INFLUENCIA CORRESPONDENTE A (XR1,YR1)
600 XGRP = XR1
YGRP = YR1
CALL INTER

WS=SS
IF(ID-1) 615,615,610
610 WS=-1.*WS
615 CONTINUE

C
C VALOR INICIAL DA ORDENADA MAXIMA DA SUPERFICIE DE INFLUENCIA
XMAX=XR1
YMAX=YR1
WMAX=SS

C
C FUNCAO OBJETIVA CORRESPONDENTE A (XR1,YR1)
CALL OBJET
FAUX=FO

C
C VALORES AUXILIARES DE CALCULO
1000 XAUX=XR1
YAUX=YR1

C
C CALCULO DO VALOR MAXIMO DA ORDENADA DA SUPERFICIE DE INFLUENCIA
CALL SMAX
IF (ID-1) 3000,1100,3000

C
C CALCULO DA FUNCAO OBJETIVA EM TORNO DO PONTO (XMAX,YMAX)
1100 CONTINUE
CALL FLOC
FMAX=FLOC

C
C VERIFICACAO DO VALOR MAXIMO POSITIVO DA FUNCAO OBJETIVA
IF (FMAX-FAUX) 1240,1240,1250
1240 XLDC=XAUX
YLDC=YAUX
FMAX=FAUX


```

GO TJ 1260
1250 IF (XMAX-XLOC+YMAX-YLOC) 1255,1260,1255
1255 XR1= XLOC
      YR1= YLOC

      FAUX=FMAX
      GO TJ 1000
1260 CONTINUE

C
C   CALCULO DOS ESFORCOS DEVIDO AS CARGAS DE MULTIDAO
      CALL MULTI

C
C   ESFORCO TOTAL MAXIMO POSITIVO
      ETP = GFO*FMAX + GF*EF + GM*EM + GP*EP
1372 CONTINUE
      WRITE(5,1385)IM,JDESC,EP,XLOC,YLOC,FMAX,EF,EM,ETP
1385 FORMAT(2I5,F10.3,4X,'MAX(+)',6F10.3)
      IF(ETN) 1390,1387,1390
1387 XLOC=0.
      YLOC=0.
      FMIN=0.
      EF=0.
      EM=0.
      ETN=GP*EP

      GO TJ 3062
1390 CONTINUE

C
C   CALCULO DA FUNCAO OBJETIVA MAXIMA NEGATIVA
      X1=X2
      Y1=Y2

C
C   INVERSAO DE SINAL DAS ORDENADAS DA SUPERFICIE DE INFLUENCIA
      DO 1400 J=1,NJ
1400 W(J)=-1.*W(J)

C
C   INDICE DE CONTROLE DA FUNCAO OBJETIVA
      IO=2

C
C   CALCULO DAS DERIVADAS NEGATIVAS
      IF (ETP) 1410,500,1410
1410 DO 1415 J=1,NJ
      DX(J)=-1.*DX(J)
      DY(J)=-1.*DY(J)

```

```

1415  DXA(J)=-1.*DXA(J)
      DXD(J)=-1.*DXD(J)
      DYA(J)=-1.*DYA(J)
      DYD(J)=-1.*DYD(J)
      GO TO 510

C
3000  VAOR MAXIMO NEGATIVO DA SUPERFICIE DE INFLUENCIA
      WMIN=WMAX
      XMIN=XMAX
      YMIN=YMAX

C
C     FUNCAO OBJETIVA EM TORNO DE (XMIN,YMIN)
      CALL FOLOC
      FMIN=FLOC

C
C     VERIFICACAO DO VALOR MAXIMO NEGATIVO DA FUNCAO OBJETIVA
      IF (FMIN-FAUX) 3020,3020,3030
3020  XLLOC=XAXX
      YLOC=YAXX
      FMIN=FAUX

      GO TO 3035
3030  IF (XMIN-XLOC+YMIN-YLOC) 3032,3035,3032
3032  XR1=XLOC
      YR1=YLOC
      FAUX=FMIN
      GO TO 1000

C
C     VALORES NEGATIVOS CALCULADOS
3035  WMIN=-1.*WMIN
      FMIN=-1.*FMIN

C
C     CALCULO DOS ESFORCOS DEVIDO AS CARGAS DE MULTIDAO
      CALL MULTI
      EF=-1.*EF
      EM=-1.*EM

C
C     ESFORCO TOTAL MAXIMO NEGATIVO
      ETN = GFD*FMIN + GF*EF + GM*EM + GP*EP
3062  WRITE(5,3065) XLOC,YLOC,FMIN,EF,EM,ETN
3065  FORMAT(T25,'MAX(-)',6F10.3)
      RETURN
      END

```